



Bolachas sem glúten a partir de subprodutos da indústria

Laura Sofia Fernandes Baptista Carrilho

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

Orientador: Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa

Coorientador: Doutora Anabela Cristina Silva Naret Moreira Raymundo

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa .

Vogais: Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutor Victor Manuel Delgado Alves, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 2014

Agradecimentos

À Professora Isabel de Sousa, orientadora do trabalho, pelo conhecimento que me transmitiu, pela ajuda e apoio prestados nos momentos de dificuldade e pela dedicação que me mantiveram motivada na realização deste trabalho.

À professora Anabela Raymundo, co-orientadora do trabalho, pela paciência, ajuda e apoio, pelo conhecimento transmitido, dedicação, incentivo, garra e carisma que me ajudaram muito nesta etapa de vida.

À Engenheira Patrícia Fradinho, por todos os conhecimentos, ideias, trabalho e tempo dispensados. Por toda a ajuda e apoio que me mantiveram incentivada ao longo destes meses.

A todos os meus amigos e colegas que ao longo destes dois anos de mestrado estiveram presentes, obrigada pela força, carinho e por acreditarem no meu trabalho e na minha evolução. Quero destacar as minhas grandes amigas que foram os pilares de motivação e incentivo ao longo destes meses, obrigada Ana Correia, Andreia Amaral, Catarina Carrilho, Cláudia Sousa, Diana Penim, Joana Silva, Liane Rosário, Margarida Faísca, Mariana Fernandes, Nélia Miguel e Tânia Mateus, por estarem sempre presentes.

A todos os funcionários do Instituto Superior de Agronomia, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Um agradecimento muito especial aos meus pais, Maria do Rosário Carrilho e José Pedro Carrilho, irmã Catarina Carrilho e avós, Ana Carrilho e Maria José Fernandes, com muito amor e carinho, pela paciência, dedicação, suporte e incentivo para a realização deste trabalho, por acreditarem sempre em mim e estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

Um agradecimento especial à minha família que me apoiou sempre, dando-me motivação e suporte.

Ao meu namorado Daniel Costa, pela paciência, preocupação, dedicação, incentivo, companheirismo, amor e carinho dedicados, que me ajudaram a ultrapassar as dificuldades e a ser feliz.

Muito obrigada a todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Resumo

O principal objetivo foi desenvolver um produto conveniente, fácil de transportar e conservar, nomeadamente uma bolacha, direcionada para o mercado dos produtos sem glúten, utilizando subprodutos da indústria do arroz (farinha e farelo).

Foi aplicado um delineamento experimental para otimizar uma formulação que permitisse desenvolver bolachas isentas de glúten com características das bolachas tradicionais, através de análises à textura das massas e das bolachas. A formulação proposta a desenvolver continha na sua constituição 50 % farinha de arroz; 5 % farelo de arroz; 15 % água; 13 % óleo; 15 % açúcar; 1 % fermento; 1 % lecitina de soja.

No estudo reológico das massas com glúten e sem glúten, a componente elástica G' foi sempre superior à viscosa G'' , verificando-se dependência dos parâmetros viscoelásticos com a frequência. Verificou-se ainda que o farelo marcou um papel muito importante na estrutura da massa sem glúten, pois esta apresentou um grau de estruturação maior que a massa com glúten.

Na análise sensorial, verificou-se interesse dos consumidores pelos produtos e não foi observada rejeição para nenhuma das formulações.

Pode-se concluir que a formulação desenvolvida é uma boa alternativa aos produtos existentes no mercado, além de ser um produto nutritivo e com ótimo sabor.

Palavras-chave: Análise sensorial, arroz, bolachas, subprodutos, reologia, textura.

Abstract

The main objective of this work was to develop a product, namely a cookie, easy to consume, carry and maintain, directed to the market of gluten-free products, using by-products from the rice milling industry (flour and bran).

An experimental design was developed to optimize a formulation that would allow developing gluten-free cookies with features of traditional cookies, by testing the texture of the dough and biscuits. The proposed formulation to develop contained 50% rice flour; 5% rice bran; 15% water; 13% oil; 15% sugar; 1% yeast; 1% soy lecithin.

In the study of rheological dough with gluten and gluten-free, the elastic component G' was always above the viscous component G'' , verifying dependence of viscoelastic parameters with frequency. It was also found that the bran marked a very important role in the structure of the dough, since rice dough with bran showed a higher level of structure than the gluten dough.

In sensory analysis, there was a consumer interest in products and no rejection was observed for any of the formulations analyzed.

It can be concluded that the formulation developed is a good alternative to existing products in the market, besides being a nutritious and great tasting cookie.

Keywords: Byproducts, rheology, cookies, rice, sensory analysis, texture.

Extended Abstract

Currently, consumers look for practical, healthy and natural products that contribute to improve their life quality.

Rice is one of the main cereals consumed in the world, however, the rice industry produces large amounts of broken grains. An alternative to the use of those broken grains is the production of rice flour, for replacing the wheat flour in bakery products. Other byproduct is the bran. These are available in large quantities and low cost, and contain high concentrations of insoluble fibers, minerals and vitamins.

The main objective of this work was to develop an easy product to consume, transport and preserve, like the cookies, aimed to the gluten-free products market, using byproducts of the rice industry, namely, rice flour and bran, thus being a product rich in bioactive compounds, namely fibers, with nutritional benefits. The developed methodology consisted in evaluating the best fat or oil to incorporate, the water:oil ratio and the most suitable percentage of bran. An experimental design in order to optimize a formulation that would allow developing a gluten-free cookie was developed from the byproducts of the rice industry, with features of the traditional cookies and consumer expectations. Was applied to Response Surface Methodology (RSM) in order to study the combined effect of the variables of rice bran and water. The answers variables studied were: texture of the dough and cookies; color, water activity and expansion factor.

Through the obtained results, the expansion factor for the same water amount (15%) without adding bran and adding 10% bran, the expansion factor of the cookies was lower. The water activity results suggested that for the same amount water (15%) without adding bran and adding 10% bran, no significant differences were found in the a_w value. In the firmness evaluation of the cookies, for the formulations with the same water amount (15%) without adding bran and adding 10% bran, it was found that the bran adding significantly raised the cookie's firmness ($p < 0,05$).

The results for firmness with the same water amount (15%) without adding bran and adding 10% bran, suggested that adding bran significantly raised the firmness, cohesiveness and adhesiveness of the dough.

In the rheological study of the behavior of dough with gluten (wheat flour) and gluten-free (flour and rice bran), it was observed that the elastic component G' was always greater than the viscous component G'' and in both cases there was a slight dependence of viscoelastic parameters with frequency. It was also found that the rice

bran marked an important role in the structure in the dough, the gluten-free dough (6% bran) showed a higher degree of structuration than the dough containing gluten.

It can be concluded that out of the 12 formulations studied in the experimental design, the formulation E showed better results in the evaluations studied. This formulation contained 50% (w/w) rice flour, 5% (w/w) rice bran, 15% (m/m) water, 13% (w/w) oil, 15% (w/w) sugar, 1% (w/w) yeast and 1% (w/w) soy lecithin.

In the sensory analysis, the results suggested consumer interest in the cookies, with no rejection of the formulation being observed.

It can thus be concluded that the developed formulation of gluten-free cookies prepared with flour and rice bran has good prospects to be commercialized, since it is a good alternative to the existing products in the market, besides being nutritious and great flavored.

Keywords: Bran, byproducts, cookies, rice, physical and sensory analysis.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Extended Abstract	v
Lista de Figuras	3
Lista de Tabelas	6
1. Introdução.....	7
2. Revisão Bibliográfica	9
2.1. Desenvolvimento de novos produtos.....	9
2.2. Valorização de subprodutos alimentares.....	9
2.3. Cereais e tecnologia alimentar	10
2.4. Trigo.....	10
2.5. Glúten	10
2.6. Alergia alimentar e estilo de vida.....	11
2.7. Doença celíaca	11
2.8. Bolachas	12
2.9. Ingredientes utilizados em panificação.....	14
2.9.1. Farinha de trigo	14
2.9.2. Arroz e farinha de arroz	15
2.9.3. Farelo de arroz	17
2.9.4. Lecitina de soja.....	18
2.9.5. Fermento químico.....	18
2.9.6. Açúcar	18
2.9.7. Água.....	19
2.9.8. Margarina	19
2.9.9. Óleo vegetal	20
2.9.10. Avaliação do comportamento reológico	22
2.9.11. Avaliação das propriedades de textura	26
2.9.12. Avaliação instrumental da cor.....	29
2.9.13. Atividade da água.....	30
2.9.14. Análise sensorial	30
3. Materiais e métodos	32
3.1. Materiais	33
3.2. Métodos	33
3.2.1. Delineamento experimental para otimização da formulação final.....	33
3.2.2. Preparação das massas e das bolachas	34

3.2.3.	Avaliação da textura das massas e das bolachas.....	35
3.2.4.	Medição das dimensões das bolachas	36
3.2.5.	Avaliação da cor das bolachas	36
3.2.6.	Medição da atividade da água das bolachas	36
3.2.7.	Avaliação do comportamento reológico das massas	37
3.2.8.	Análise sensorial	38
3.2.9.	Análise estatística.....	38
4.	Resultados e discussão.....	39
4.1.	Seleção do óleo ou gordura a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas	39
4.2.	Seleção da proporção água:óleo de girassol a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas.....	41
4.3.	Seleção da percentagem de farelo de arroz a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas.....	42
4.4.	Otimização da formulação das bolachas sem glúten pela Metodologia das superfícies de resposta (RSM).....	44
4.4.1.	Avaliação das dimensões das bolachas sem glúten	44
4.4.2.	Avaliação da atividade de água das bolachas sem glúten	46
4.4.3.	Avaliação da cor das bolachas sem glúten	47
4.4.4.	Avaliação da firmeza das bolachas sem glúten	48
4.4.5.	Avaliação da textura das massas de bolachas sem glúten	49
4.5.	Avaliação do comportamento reológico das massas de bolachas.....	53
4.6.	Avaliação sensorial das bolachas controlo (trigo) e das bolachas sem glúten..	54
5.	Conclusões e sugestões de trabalho futuro	59
6.	Referências Bibliográficas	60

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Área mundial de cultivo de arroz com casca (linha vermelha) e produção mundial de arroz com casca (colunas verdes) (Fonte: Adaptado de FAO, 2013).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Representação de um grão de arroz (Fonte: adaptado de Ju e Vali, 2005). 16</i>	
<i>Figura 3. Fluxograma de produção do arroz (Fonte: adaptado de Smith e Dilday, 2003).</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Evolução da deformação de um material em função de uma tensão aplicada ao longo do tempo (Fonte: adaptado de Sousa, 2001).</i>	<i>23</i>
<i>Figura 5. Espectros mecânicos (materiais viscoelásticos). A. Solução não estruturada (polímero entrelaçado); B. Solução estruturada (gel forte) (Fonte: adaptado de Botelho, 2012).</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Reómetro de tensão controlada MARS III (Haake, Alemanha).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Texturómetro TA.Xt plus (Stable Microsystems).</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Exemplo de um texturograma típico de um gel (Bourne, 2002).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Japão)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Sistema de coordenadas L*a*b* (Fonte: Sahin e Sumnu, 2006; Pereira, 2012).</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. A. Farinha de arroz. B. Farelo de arroz.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 14. Diagrama do processo de preparação da massa e das bolachas.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15. Equipamento de leitura da actividade de água - Hygrolab 3 (Rotronic, UK).</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16. Firmeza (N) das bolachas de farinha de arroz com os diferentes óleos e gorduras testados.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17. Avaliação da cor das bolachas de farinha de arroz com os diferentes óleos e gorduras testados.</i>	<i>40</i>

<i>Figura 18. Avaliação da firmeza (N) das bolachas de farinha arroz de acordo com as diferentes proporções água:óleo testadas para comparação com o respetivo controlo (trigo).</i>	41
<i>Figura 19. Avaliação da cor das bolachas de farinha de arroz de acordo com as diferentes proporções água:óleo testadas para comparação com o respetivo controlo (trigo).</i>	42
<i>Figura 20. Avaliação da firmeza das bolachas de farinha e farelo de arroz de acordo com as diferentes percentagens de farelo de arroz testadas para comparação com o controlo (trigo).</i>	43
<i>Figura 21. Avaliação da cor das bolachas de farinha e farelo de arroz de acordo com as diferentes percentagens de farelo de arroz testadas para comparação com o controlo (trigo).</i>	44
<i>Figura 22. Dimensões (fator de expansão) das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	46
<i>Figura 23. Atividade de água das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	47
<i>Figura 24. Cor das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	48
<i>Figura 25. Firmeza (N) das bolachas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	49
<i>Figura 26. Firmeza (N) das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	50
<i>Figura 27. Coesividade das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	51
<i>Figura 28. Adesividade (N.s) das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.</i>	52
<i>Figura 29. Espetros mecânicos da massa sem glúten (obtida a partir de farinha de arroz com 5 % de farelo) e da massa com glúten (controlo [trigo]).</i>	54

<i>Figura 30. Bolachas desenvolvidas a partir de farinha e farelo de arroz (A). Bolachas controlo (farinha de trigo) (B).</i>	<i>54</i>
<i>Figura 31. Distribuição das idades do painel de provadores não treinados.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 32. Respostas do teste de aceitação sensorial das bolachas.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 33. Respostas dos consumidores quanto ao consumo médio de bolachas.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 34. Respostas dos consumidores em relação à intenção de compra das bolachas com farinha e farelo de arroz e das bolachas com farinha de trigo (controlo).</i>	<i>57</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1. Tipos de farinha de trigo e classificação analítica (Fonte: Portugal, 2003) ..</i>	15
<i>Tabela 2. Composição nutricional do arroz cru comum (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2007).</i>	16
<i>Tabela 3. Composição centesimal do farelo de arroz (Oryza sativa) (Fonte: Moro, 2004).</i>	17
<i>Tabela 4. Caraterísticas da margarina (Fonte: Portugal, 1998).....</i>	20
<i>Tabela 5. Composição média em ácidos gordos de alguns óleos vegetais (Fonte: Reda, 2007).....</i>	21
<i>Tabela 6. Composição nutricional média do óleo de girassol (valores por 100 g) (Fonte: Carvalho, 2010).</i>	22
<i>Tabela 7. Testes dinâmicos para obtenção das propriedades de géis (Fonte: Lopes da Silva e Rao, 1999).</i>	25
<i>Tabela 8. Exemplos de ensaios de textura (Fonte: Bourne, 2002).....</i>	26
<i>Tabela 9. Parâmetros da textura e relação com a perceção sensorial (Fonte: adaptado de Bourne, 2002).</i>	28
<i>Tabela 10. Formulações de cada ensaio preliminar das bolachas isentas de glúten, para 100 g de massa.</i>	32
<i>Tabela 12. Variáveis independentes e níveis de variação.....</i>	33
<i>Tabela 13. Delineamento experimental para as duas variáveis (percentagem de água e percentagem de farelo) e cinco níveis com os seus valores codificados e reais.</i>	34

1. Introdução

A bolacha é um tipo de produto comum na indústria alimentar, sendo consumido em abundância pelos diferentes grupos que constituem a sociedade. Este tipo de produto de grande variedade é de fácil consumo, transporte e conservação, sendo que a maioria apresenta qualidade nutricional e preço acessível (Vitti, 1992).

No mercado atual os alimentos prontos para consumo têm vindo a expandir-se, pois devido ao estilo de vida dos consumidores, estes têm procurado produtos práticos e saudáveis que contribuam para uma melhor qualidade de vida.

Tem surgido um novo grupo de consumidores, como é o caso da população celíaca, com várias restrições na alimentação.

A doença celíaca é caracterizada como uma enteropatia auto-imune, provocada pela ingestão de glúten, provocando sintomas de má absorção, devido a um processo inflamatório no intestino delgado. Não há cura para esta doença e o único tratamento é uma dieta isenta de glúten (Araújo *et al.*, 2010).

Atualmente ainda é difícil para a população celíaca seguir o tratamento de isenção de glúten, pois um dos principais problemas após o diagnóstico desta doença é a escassa disponibilidade de alimentos sem glúten no mercado, a manutenção de uma alimentação adequada e o elevado custo associado a este tipo de produtos.

A oferta de alimentos sem glúten é limitada pelo fato da doença ter sido considerada, até poucos anos atrás, uma enfermidade infrequente (Castillo e Contini, 2008).

Atualmente as indústrias alimentares têm-se direcionado para o desenvolvimento de produtos saudáveis, utilizando ingredientes funcionais e que satisfaçam as necessidades básicas dos consumidores. Ingredientes, como as fibras, com benefícios para a saúde têm sido introduzidos em vários tipos de alimentos, aumentando o valor nutricional destes. Os ingredientes como o açúcar, o sal e a gordura têm vindo a ser reduzidos e/ou substituídos por outros ingredientes.

Segundo Barbosa *et al.* (2003), no desenvolvimento de um novo produto tem de se ter em conta o aperfeiçoamento de vários aspetos físicos e sensoriais do produto, como a cor, forma, aparência, sabor, odor, textura e consistência.

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo (FAO, 2013). As indústrias de arroz geram aproximadamente 40 % de subprodutos como farinha e farelo de arroz, que são considerados desperdícios para a indústria. Contudo, estes apresentam grande valor nutricional e podem ser aproveitados e

substituir outros produtos a um custo mais baixo. Esta alternativa pode acrescentar valor ao subproduto e reduzir os gastos do país na importação de trigo (Barbosa *et al.*, 2003).

Uma oportunidade interessante é a utilização de farinha e farelo de arroz em novos produtos de panificação.

A farinha de arroz é um dos principais substituintes da farinha de trigo em produtos isentos de glúten, devido às suas propriedades hipoalergénicas, baixo teor de sódio e gordura e elevada quantidade de hidratos de carbono que são fonte de energia e facilmente digeríveis pelo organismo (Saunders, 1990).

O farelo de arroz é um subproduto da indústria do arroz e existe em grande quantidade e a baixo custo. Contém na sua constituição elevada concentração de fibras insolúveis, minerais e vitaminas (Saunders, 1990).

Contudo existem limitações na utilização destes subprodutos isentos de glúten, pois o arroz não possui o complexo proteico que forma o glúten, que é responsável pela formação de uma massa viscoelástica que retém gás e produz um produto mais macio.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver uma bolacha direcionada para o mercado dos produtos sem glúten, utilizando subprodutos da indústria do arroz, nomeadamente, farinha e farelo de arroz, sendo assim um produto rico em compostos bioativos, nomeadamente fibras, que aumentam o valor nutricional dos produtos.

O presente trabalho esteve associado a apresentações em congressos nacionais. Foram apresentados dois pósteres.

Pósteres em Congressos nacionais (Anexo I):

Poster – XIII Congresso de Nutrição e Alimentação (Centro de Congressos de Alfandega - Porto);

Poster – XII Encontro de Química dos Alimentos (Instituto Superior de Agronomia - Lisboa).

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Desenvolvimento de novos produtos

A globalização dos mercados aumenta a competitividade entre as empresas e requisitos como o nível de competência e inovação. Estes são definidos como essenciais para alcançar o sucesso (Sousa, 2001).

Atualmente, o aumento da preocupação dos consumidores com a alimentação conduziu ao desenvolvimento de novas tecnologias e melhorias de produtos na indústria alimentar. A inovação e as estratégias são fundamentais para o desenvolvimento económico e social dos mercados de comercialização, bem como alcançar o sucesso, aumentar o nível financeiro e económico das empresas (Fuller, 1994).

Para desenvolvimento de novos produtos, as características destes são muito importantes. Parâmetros como a cor, o *flavor*, a composição nutricional, a estabilidade na estrutura interna do alimento, entre outros, influenciam na escolha do consumidor, e pode-se assim conquistar novos espaços em mercados específicos (Fuller, 1994).

A introdução de matérias-primas que substituem outros ingredientes e que resultem num produto funcional e com um custo mais baixo certamente vai chamar a atenção do consumidor (Sousa, 2001).

2.2. Valorização de subprodutos alimentares

O desperdício nos processos de transformação de matérias-primas alimentares é muito elevado. Diversos subprodutos agroindustriais são ricos em fibras dietéticas, quantidades significativas de proteína, compostos antioxidantes e outras substâncias com efeitos benéficos para a saúde. Os subprodutos resultantes destes processos apresentam características tecnológicas e composições nutricionais que podem ser aproveitados para desenvolver novos produtos alimentares. Atualmente, a maioria destes resíduos são encaminhados para ração animal ou fertilizantes para terras agrícolas (Oreopoulou e Tzia, 2007; Russ e Schnappinger, 2007).

2.3. Cereais e tecnologia alimentar

A tecnologia de alimentos abrange um sector destinado a converter as matérias-primas simples e complexas em produtos alimentares. Através da aplicação desta tecnologia, todos os grãos inteiros de cereais podem ser moídos para produzir farinha. Os grãos têm características distintas, apresentando texturas, sabores e propriedades físico-químicas diferentes quando utilizados para produzir massa (Canella-Rawls, 2003; Gava, 1984).

Araújo *et al.* (2008) afirmam que os principais cereais são o trigo, o arroz, a cevada, a aveia, o centeio, o sorgo e o milho. O arroz e o trigo representaram mais de metade da produção mundial de cereais.

2.4. Trigo

Segundo Bronstein e Fisberg (2009) o trigo é o segundo grão mais cultivado, além do arroz.

A qualidade da farinha de trigo varia segundo a diversidade das variedades dos grãos, as condições climáticas e o solo de cada região (Costa *et al.*, 2008).

As proteínas do trigo são formadas por albuminas e globulinas (15 % das proteínas totais) e por gliadina e glutenina, que formam o glúten que é considerado essencial na formação da massa (Monho, 2013).

As proteínas de reserva do grão de trigo (gliadinas e *gluteninas*) constituem a parte do glúten, matéria lipoprotéica e viscoelástica. As gliadinas são responsáveis pela extensibilidade da massa e as gluteninas pela elasticidade, durante o processo de panificação (Monho, 2013; Quaglia, 1984).

Segundo EL-Dash (1983) para a produção de pães a presença de glúten na massa é importante, pois as propriedades da estrutura do glúten durante a fermentação e cozedura afetam as propriedades do produto final. É importante que ocorra a extensão da massa durante a fermentação (onde ocorre a libertação de dióxido de carbono conferindo volume ao pão).

2.5. Glúten

O glúten é constituído por uma cadeia longa e elástica formada pela junção da glutenina e da gliadina na presença de um líquido, geralmente a água (Canella-Rawls, 2003).

A gliadina e a glutenina são as frações proteicas do trigo que formam uma rede tridimensional quando hidratadas e sob energia mecânica. A rede tridimensional tem características viscoelásticas, insolúvel em água, aderente e influencia a qualidade das massas e dos produtos finais (Araújo *et al.*, 2008).

O glúten tem um papel fundamental nos produtos que requerem crescimento, como é o caso das massas, pois este forma membranas finas que retêm as bolhas de gás. Em contato com o calor o glúten desnatura-se, formando uma crosta e atribuindo aos produtos a característica crocante (Torbica, 2012).

Outros cereais como o centeio, malte, cevada e aveia também contêm gliadina e *glutenina* na sua constituição. Contudo, o trigo é o único que tem as frações das referidas proteínas em proporções favoráveis à formação do glúten (Araújo *et al.*, 2008; Zandonadi, 2006).

2.6. Alergia alimentar e estilo de vida

Atualmente registra-se uma grave incidência de alergia alimentar. Cada indivíduo reage de forma diferente à severidade destas alergias (Araújo *et al.*, 2010).

A alergia ocorre quando os mecanismos de defesa respondem inadequadamente a substâncias que geralmente são inofensivas, provocando danos no organismo. O sistema imunológico fica sensível à substância, produzindo anticorpos e programando o corpo a reagir contra essa substância quando for encontrada no organismo. Estas substâncias são conhecidas como alérgenos, e na maioria dos casos são moléculas de proteínas (Wright, 2004).

Atualmente têm sido desenvolvidos muitos estudos sobre alergia alimentar. São considerados alérgenos alimentares: o trigo, o amendoim, as sementes, o leite de vaca, o ovo, a soja, a castanha, peixes, crustáceos. As mudanças no estilo de vida, principalmente nos hábitos alimentares, têm aumentado a prevalência de alergias alimentares (Castro *et al.*, 2010).

2.7. Doença celíaca

A doença celíaca é considerada uma doença auto-imune, que provoca danos na mucosa do intestino grosso, devido à ingestão de proteínas do glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis. Esta doença é considerada uma alergia alimentar e o tratamento exige uma dieta isenta de produtos que contêm glúten. (Araújo *et al.*, 2010; Vollmer *et al.*, 1999).

Os indivíduos com tendência hereditária para o desenvolvimento desta doença, podem ao longo da sua vida desenvolver essa intolerância, que é provocada pela presença de glúten na dieta. Vários estudos revelaram que familiares de celíacos em segundo grau têm maior probabilidade em desenvolver esta patologia, que nem sempre se manifesta nos primeiros anos de vida e em alguns casos se consegue confirmar o diagnóstico na idade adulta (Araújo *et al.*, 2010; Kent, 1987).

A doença manifesta-se em indivíduos de ambos os sexos. As mulheres apresentam maior frequência (proporção de 2:1). Nas crianças esta doença manifesta-se especialmente dos 6 meses aos 5 anos. A doença celíaca é uma enfermidade grave para aproximadamente um terço dos doentes, pois a maioria não apresenta sintomas clínicos (Ferreira *et al.*, 2009; Vollmer *et al.*, 1999).

O diagnóstico, geralmente, é efetuado pela má absorção dos alimentos, contudo, o diagnóstico positivo é efetuado por biopsia do intestino (Wright, 2004).

Os indivíduos portadores da doença celíaca podem apresentar alterações neurológicas, endocrinológicas, além de anemia crónica, osteoporose, osteopenia e a longo prazo eventuais neoplasias (linfomas e carcinomas no intestino), se não for diagnosticada e tratada apropriadamente (Araújo *et al.*, 2010).

Apesar do tratamento parecer simples e direto, não é assim tão fácil, pois afeta muitos aspetos na vida do paciente. Para uma efetiva exclusão do glúten da dieta, é necessário que se faça uma leitura de rótulos dos produtos (Zandonadi, 2006; Canella-Rawls 2003).

A dificuldade na alimentação dos doentes celíacos reside no fato dos produtos elaborados com farinhas substitutas do trigo não apresentarem as características sensoriais e físicas agradáveis ao consumidor. No mercado pode-se encontrar alguns produtos sem glúten, contudo estes não são produzidos em larga escala e normalmente têm um elevado valor comercial (Araújo *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2009).

2.8. Bolachas

As bolachas são consumidas por pessoas de qualquer idade. Estas são consideradas um alimento prático, de fácil consumo e transporte. É um alimento rico em hidratos de carbono, fonte de energia (Perez, 2007).

Moreto e Feet (1999) definem bolacha como um produto obtido através de massa preparada com farinha, amido e outras substâncias alimentares, sofrendo um amassadura e cozedura, podendo ser fermentada ou não.

As primeiras receitas de bolachas foram feitas no antigo Egito e tinham como base farinha de trigo, água e mel. As bolachas eram um símbolo de cortesia, faziam parte de cerimônias religiosas, eram oferecidos aos deuses no Egito como um presente para agradecer às boas colheitas e às cheias do rio Nilo e eram entregues a familiares e amigos. Este fato demonstra que hábitos simples de hoje em dia, como oferecer bolachas às visitas, têm raízes milenares (Gisslen, 2011; Bronstein e Fisberg, 2009).

Existem grandes variedades de formas, cores, texturas, gostos, tamanhos e métodos de produção de bolachas. Algumas bolachas apresentam características crocantes, outras são mais macias, algumas mantêm a forma durante a cozedura, outras apresentam maior fator de expansão (Perez, 2007).

A crocância das bolachas está relacionada com o baixo teor de humidade e a grande quantidade de gordura e açúcar. A cozedura é um dos fatores que define a crocância. Um forno de convecção ou um tempo longo de cozedura faz com que a água do produto evapore com mais facilidade. O armazenamento também influencia bastante a crocância, pois se o produto absorver humidade, a tendência é que passe de crocante para uma textura mais mole. Os produtos mais macios contêm maior quantidade de água na massa e elevada quantidade de gordura e açúcar, pois a adição de açúcares higroscópicos (mel ou xarope de glucose de milho) facilitam a absorção da humidade. (Bronstein e Fisberg, 2009; Uchôa, 2007; Moreto e Feet, 1999).

As bolachas variam de acordo com os tipos de massa e métodos de moldagem, sendo classificados em 8 tipos de massas: pingar com o saco de confeitar; pingar com o cortador; pingar com a colher; moldar antes de amassar; cortar antes da cozedura; cortar durante a cozedura; espalhar no tabuleiro; moldar depois da cozedura (Gisslen, 2011).

O método mais utilizado é o método de moldar a massa antes da cozedura, consiste num método simples em que se divide a massa e esta é colocada no tabuleiro manualmente com a forma desejada (Uchôa, 2007).

Uma observação importante sobre a cozedura é que o tempo deve ser curto e as temperaturas elevadas. O ponto ideal de cozedura das bolachas é indicado pela cor, sendo recomendado que o fundo e as beiradas das bolachas fiquem ligeiramente dourados (Bronstein e Fisberg, 2009; Moreto e Feet, 1999).

O arrefecimento das bolachas deve ser controlado, pois podem ocorrer deformações. As bolachas macias devem arrefecer no forno para evitar modificações na sua forma, pois quando quentes ficam mais sensíveis a quebrar. As correntes de ar frio podem provocar fissuras nas bolachas. O armazenamento deve ser efetuado após o completo arrefecimento das bolachas (Uchôa, 2007).

2.9. Ingredientes utilizados em panificação

Na formulação de bolachas, os ingredientes mais utilizados são a farinha de trigo, gordura, fermento, açúcar e/ou sal e água. A farinha de trigo é o principal ingrediente na indústria da panificação. Esta pode ser substituída por outras farinhas como a de arroz, milho, cevada, centeio, entre outras. Outros ingredientes como água, gordura, açúcar, fermento, sal, ovos, leite e aditivos, são considerados ingredientes básicos ou enriquecedores (Araújo *et al.*, 2008; EL-Dash *et al.*, 1983;).

Na produção de bolachas, os ingredientes como o açúcar, a gordura, a gema de ovo e o fermento são considerados amaciadores; enquanto a farinha, o leite, a água, o sal e o ovo são considerados estruturantes (Moreto e Feet, 1999).

2.9.1. Farinha de trigo

Segundo a Portaria nº 254/2003, a farinha é um produto resultante da moenda e mistura de grãos de um ou vários cereais (maduros, são, não germinados e sem impurezas) (Portugal. Portaria nº 254, 2003).

Segundo EL-Dash *et al.* (1983) as farinhas são obtidas de partes comestíveis de cereais, frutos, sementes, tubérculos, leguminosas e rizomas, por moagem e/ou processos tecnológicos seguros para a produção de alimentos, a sua classificação depende do grau de moagem.

A farinha de trigo é obtida a partir da moagem do grão de trigo. As suas características químicas e físicas são um elemento fundamental na produção de produtos de panificação. A farinha de trigo forma massas elásticas quando misturada à água, pois o glúten faz com que a massa formada possa reter os gases produzidos durante a fermentação, conferindo estrutura e textura ao produto final (EL-Dash *et al.*, 1983).

A farinha de trigo pode ser classificada em seis tipos, sendo que para todas essas classificações apresentam características analíticas distintas (Tabela 1) (Portugal. Portaria nº 254, 2003).

Tabela 1. Tipos de farinha de trigo e classificação analítica (Fonte: Portugal, 2003)

Tipos de farinha de trigo	Humidade (% máxima)	Acidez ⁽¹⁾ (g/100 g)	Cinza total (% limite)	Cinza insolúvel ⁽²⁾ (% máxima)	Glúten seco ⁽³⁾ (% máxima)
Tipo 45	14,5	0,120	0,49	Vestígios	8
Tipo 55	14,5	0,120	0,50-0,60	Vestígios	8
Tipo 65	14,5	0,120	0,61-0,75	0,02	8
Tipo 80	14,5	0,120	0,76-0,90	0,02	8
Tipo 110	14,5	0,120	0,91-1,20	0,04	8
Tipo 150	14,5	0,120	1,21-2,00	0,06	7

(1) A acidez é determinada no extrato alcoólico e expressa em ácido sulfúrico.

(2) Cinza insolúvel em HCL.

Os valores de acidez, cinza total, cinza insolúvel e glúten seco são referentes à matéria seca.

O valor de humidade é referente ao momento de embalamento. Posteriormente as variações de humidade devido à higroscopicidade da farinha deverão ser relacionadas com a variação em massa.

(3) Salvo nos casos em que pela sua utilização específica se requer um teor inferior, que deverá constar do rótulo ou outros documentos do produto.

2.9.2. Arroz e farinha de arroz

O arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo, pois é um alimento básico para cerca de metade da população mundial. Normalmente, é consumido na forma de grão cozido, contudo nas últimas décadas têm surgido no mercado vários produtos contendo arroz. Existem cerca de 22 espécies selvagens de arroz, sendo que a mais cultivada e consumida é a espécie *Oryza sativa*, originária da Ásia e atualmente cultivada em todo o mundo (Rosell e Marco, 2008).

Em 2012, a área de cultivo mundial de arroz foi de aproximadamente de 162,5 milhões de hectares tendo uma produtividade mundial de 724,5 milhões de toneladas de arroz com casca. Em 2013 foram produzidos cerca de 746,7 milhões de toneladas, o que representa 2,9 % acima da produção de 2012 (Figura 1) (FAO, 2013).



Figura 1. Área mundial de cultivo de arroz com casca (linha vermelha) e produção mundial de arroz com casca (colunas verdes) (Fonte: Adaptado de FAO, 2013)

Segundo Houston (1972) a composição do arroz depende da cultivar, de fatores ambientais e do processamento aplicado. O grão é composto, basicamente, por casca, pericarpo, endosperma e gérmen (Figura 2).



Figura 2. Representação de um grão de arroz (Fonte: adaptado de Ju e Vali, 2005).

Segundo a Tabela da Composição de Alimentos do Instituto Dr. Ricardo Jorge, a composição do arroz cru comum por 100 g de produto varia conforme representado na Tabela 2 (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2007).

Tabela 2. Composição nutricional do arroz cru comum (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2007).

Componentes	Por 100 g de produto
Energia (kcal)	352
Proteína (g)	6,7
Gordura total (g)	0,4
Total de hidratos de carbono disponíveis (g)	78,1
Fibra alimentar (g)	2,1
Cinza (g)	0,5

O processo esquemático da produção de arroz está representado na Figura 3.

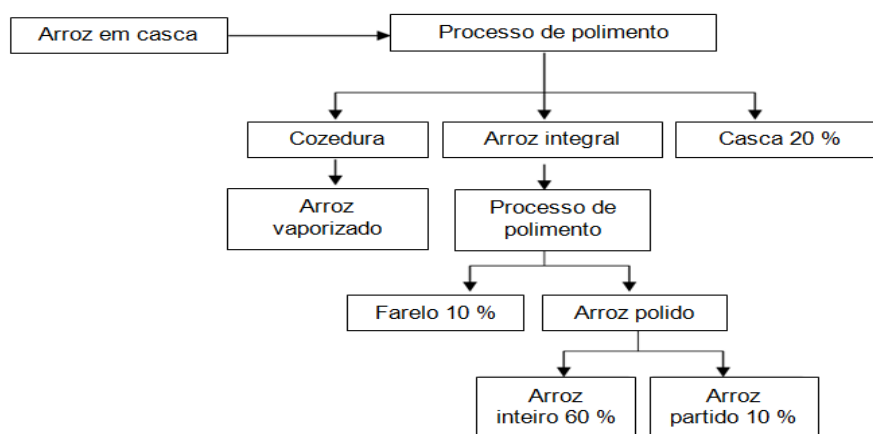


Figura 3. Fluxograma de produção do arroz (Fonte: adaptado de Smith e Dilday, 2003).

Atualmente são produzidas grandes quantidades de grãos partidos e uma alternativa para o aproveitamento destes grãos é a produção de farinha de arroz. Estes subprodutos podem substituir parcial ou totalmente a farinha de trigo e desenvolver novos produtos, acrescentando valor ao subproduto e ao produto resultante (Barbosa e Freitas, 2003).

2.9.3. Farelo de arroz

O farelo de arroz é obtido pela remoção da membrana ou película que envolve o grão e pelo polimento para obtenção do arroz polido, possui conteúdos variáveis de nutrientes que depende do grau de polimento dado ao arroz, do tratamento do grão antes do processamento, do sistema de beneficiamento e da cultivar. Este subproduto é fonte de fibras, vitaminas, minerais, proteínas e lípidos (Tabela 3). As fibras do farelo de arroz possuem boa capacidade de absorção de água e óleo, contribuindo para o desenvolvimento de uma grande variedade de produtos industriais que requerem estas propriedades (Soares, 2008; Saunders, 1990).

Tabela 3. Composição centesimal do farelo de arroz (*Oryza sativa*) (Fonte: Moro, 2004).

Composição centesimal	Quantidade
Proteínas	12,25 %
Lípidos	11,6 %
Hidratos de carbonos	43,25 %
Cinzas	10,2 %
Fibra bruta	13 %
Humidade	9,7 %

A rancificação do farelo de arroz, que se inicia logo após a sua obtenção, é um grande problema relacionado à sua utilização. Para evitar a rancificação do farelo, é utilizada a extrusão cozedura para proporcionar maior tempo de prateleira a este produto (Carvalho e Bassinello, 2006).

Na indústria da panificação é possível utilizar o farelo de arroz como farinha mista, este permite aumentar a qualidade dos produtos pelo aproveitamento de alimentos com elevado valor nutritivo (Chang *et al.*, 1998).

2.9.4. Lecitina de soja

A lecitina de soja atua como antioxidante e retarda a deterioração de óleos e gorduras. Estabelece ligações químicas com grupos de átomos contendo oxigénio ativo e bloqueia assim o processo de oxidação. Ajuda na conservação do produto e ajuda a formar emulsões e estabilizar massas e recheios. É uma mistura complexa de fosfolípidos insolúveis em acetona, composta por fosfatidilcolina, fosfatideletanolina, fosfatidilinositol e ácido fosfatídico, combinados com outras substâncias como triacilgliceróis. A lecitina de soja é um ingrediente tensio-activo, com grande aplicação em alimentos, possui propriedades funcionais e versatilidade na utilização deste ingrediente, como emulsionante (Pelaez e Mortimer, 2011; Schafer, 1986).

2.9.5. Fermento químico

O fermento químico é utilizado para produzir volume e conferir leveza às bolachas durante a cozedura. Este ingrediente pode ser composto por bicarbonato de sódio, pirofosfato ácido de sódio ou fosfato monocálcico. O principal componente químico utilizado é o bicarbonato de sódio. (Araújo *et al.*, 2008; Canella-Rawls, 2003).

2.9.6. Açúcar

Segundo a Portaria 762/79, açúcar é todo o edulcorante natural, extraído, em geral, da cana ou da beterraba sacarinas e constituído por sacarose, essencialmente.

O açúcar granulado é definido como açúcar refinado cristalizado e duro. Obtém-se por purificação do açúcar em rama, recristalizando-o, a baixa pressão absoluta, filtrado e descorado. Os cristais são obtidos separados, lavados em centrifugadoras e seguidamente secos. O açúcar é praticamente constituído por cristais de sacarose com elevado grau de pureza (Portugal. Portaria nº 762, 1979).

Araújo *et al.* (2008) definem açúcar como composto químico do grupo dos hidratos de carbono, solúvel em água. A sacarose é obtida pelo sumo da cana ou da beterraba, por processos industriais, e não deve ter contaminantes. A sua designação corresponde às suas características, por exemplo, açúcar granulado, açúcar refinado, açúcar mascavado, entre outros.

O açúcar reforça o sabor e aroma dos produtos, reforçando o seu *flavor* e ajudando a amaciar o produto. Grandes quantidades de açúcar fazem com que o produto esfarele demais e forme cristais volumosos. Uma característica peculiar do açúcar na produção de bolachas é que durante a cozedura o açúcar vai caramelizar, alterando a textura e a coloração da bolacha (Araújo *et al.*, 2008).

2.9.7. Água

A água tem como principal função dissolver os ingredientes solúveis. Esta afeta algumas propriedades da massa como a consistência, extensibilidade, elasticidade, entre outras. A água utilizada na confeção de produtos deve estar isenta de microrganismos patogénicos. O pH da água e a sua dureza influencia a qualidade da massa (Moretto, 1999).

2.9.8. Margarina

Segundo a Portaria 947/1998, margarina é um produto obtido a partir de gorduras e óleos vegetais e/ou animais, com teor de matérias gordas máximo de 90 % e mínimo de 80 %, com consistências variáveis de acordo com o fim que se pretende.

Araújo *et al.* (2008) definem margarina como uma emulsão de água em óleo (as gotículas de água são distribuídas na fase oleosa), contendo gordura de origem vegetal e leite.

A margarina deve obedecer às características descritas na Tabela 4, segundo Portugal (1998).

Tabela 4. Características da margarina (Fonte: Portugal, 1998).

Caraterísticas	Limites
Organolépticas:	
Aspeto	Homogéneo e butiroso
Cor	Branca ou amarela
Cheiro	Butiroso ou inodoro (extinto)
Sabor	Butiroso ou insípido (extinto)
Água	Máximo 16 %
Matéria gorda	Mínimo 80 %
Pesquisa de microrganismos patogénicos	Negativo
Pesquisa de bactérias coliformes	Negativa em 1 g
Insaponificáveis	Máximo 1,5 % (na matéria gorda)
Índice de acidez	Máximo 1,3 % (na matéria gorda)
Índice de peróxidos	Máximo 10 (expresso miliequivalentes de oxigénio activo por quilograma de matéria gorda)

A margarina foi criada em França, em 1869, com a intenção de imitar a manteiga, mas sendo um produto mais barato e de mais fácil preservação (Araújo *et al.*, 2008).

2.9.9. Óleo vegetal

Atualmente existem grandes variedades de óleos vegetais. Dos óleos vegetais com maior produção mundial destacam-se os óleos de Girassol, Palma, Colza e Soja. Os critérios de escolha de um óleo alimentar estão relacionados com o aroma e a textura do produto; gosto residual; estabilidade aromática; custo; e necessidades nutricionais específicas (Carvalho, 2010; Lopes, 2000).

Os óleos alimentares são ricos em ácidos gordos polinsaturados e pobres em saturados, livres de ácidos gordos trans e sem adição de óleos hidrogenados e de corantes (Lopes, 2000).

Quimicamente um óleo é composto por duas frações: a fração saponificável, que representa cerca de 99 % de um óleo, insolúvel em água, constituída essencialmente por triglicéridos, por mono e diglicéridos resultantes da hidrólise dos primeiros. Contém ainda ácidos gordos livres, fosfatídeos, glucósidos e pigmentos verdes, que contêm clorofila e produtos resultantes da sua decomposição. Muitas das caraterísticas físicas, químicas e metabólicas de um óleo dependem da composição desta fração. A fração insaponificável, que representa entre 0,5 e 1,5 % de um óleo, solúvel em água, constituída por componentes menores, os quais compreendem hidrocarbonetos,

esteróis, ceras, álcoois, substâncias corantes e aromáticas, vitaminas, tocoferóis e polifenóis. Esta fração é responsável pelo valor nutricional e pela resistência à oxidação de um óleo. A sua concentração depende do tipo de óleo, no entanto, esta fração é sempre maior no óleo bruto do que no refinado, independentemente do tipo de óleo e assim diminui com o processamento (Costa, 2012).

Os triacilgliceróis são compostos em que cada grupo hidroxilo do glicerol é esterificado com uma molécula de um ácido gordo. Dentre os ácidos gordos presentes em óleos vegetais destacam-se o ácido oleico (C18:1) como ácido gordo monoinsaturado e o ácido linoleico (C18:2) como polinsaturado (Carvalho, 2010; Reda, 2007).

A Tabela 5 apresenta a composição média em ácidos gordos de alguns óleos vegetais.

Tabela 5. Composição média em ácidos gordos de alguns óleos vegetais (Fonte: Reda, 2007).

Óleos	Ácidos gordos saturados (%)	Ácidos gordos monoinsaturados (%)	Ácidos gordos polinsaturados (%)	
			Ácido linoleico (%)	Ácido linolénico (%)
Girassol	6	58	26	10
Colza	11	2	69	-
Palma	48	40	10	-
Azeite	14	77	8	<1
Soja	15	24	54	7

Os ácidos gordos desempenham várias funções. O aumento de ácidos gordos saturados na dieta pode provocar hipercolesterolemia e aumentar do colesterol total e a fracção aterogénica (colesterol LDL), enquanto os ácidos gordos polinsaturados são benéficos para a saúde pois reduzem a hipercolesterolemia, entre outros benefícios (Costa, 2012; Moraes e Colla, 2006).

O **óleo de girassol** é obtido a partir da extração da semente e apresenta grande qualidade a nível nutricional e organoléptico, pois a massa que resulta da extração do óleo é muito proteica. O óleo de girassol é essencialmente constituído por triacilgliceróis (cerca de 98 - 99 %) e uma pequena fração de fosfolípidos, tocoferóis, esteróis e ceras (fração insaponificável). Possui um elevado teor em ácidos gordos insaturados (cerca de 83 %), teor reduzido em ácido linolénico ($\leq 0,2$ %), rico em ácido linoleico, ácido gordo essencial (Carvalho, 2010; Correia, 2009).

A Tabela 6 faz referência à composição nutricional média do óleo de girassol.

Tabela 6. Composição nutricional média do óleo de girassol (valores por 100 g) (Fonte: Carvalho, 2010).

Valores nutricionais por 100 g	
Energia	884 kcal
Hidratos de carbono	-
Gordura:	100 g
Saturada	10,3 g
Monoinsaturada	19,5 g
Polinsaturada	65,7 g
Proteína	-
Vitamina E	41,08 mg
Vitamina K	5,4 µg

O óleo de girassol pode participar na composição de várias margarinas e cremes vegetais de barrar. Este proporciona maciez aos produtos, possui odores específicos e confere plasticidade às massas e possuem características de retenção de humidade, aumentando a durabilidade dos produtos (Canella-Rawls, 2003; Karleskind, 1996).

Segundo o Conselho Oleícola Internacional (COI, 2008) e o regulamento (CE) nº 865 (2004), o **azeite** consiste no óleo obtido a partir do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.), com exceção dos óleos obtidos por processos de reesterificação ou por uso de solventes, e de qualquer mistura com óleos de outra natureza.

O azeite resulta da mistura de triacilgliceróis, com alguns ácidos gordos livres, mono e diacilgliceróis e alguns constituintes não saponificáveis. O teor de ácidos gordos varia com o tipo de azeite e este é um critério importante na qualidade do mesmo, sendo a sua principal composição em ácido oleico (Gutiérrez e Carretero, 2009).

2.9.10. Avaliação do comportamento reológico

A reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento dos materiais, é uma ciência exata e considerada um ramo da física. A previsão das propriedades de escoamento, a influência da sensação residual na boca e a textura do produto são importantes e estudados pelos parâmetros reológicos dos alimentos (Nunes *et al.*, 2004; Sousa, 2001).

Os fluídos ideais seguem a lei de *Newton* e os sólidos ideais seguem a lei de *Hooke*. Contudo, a maioria dos alimentos exhibe um comportamento viscoelástico - propriedades intermédias entre os sólidos e líquidos ideais (Boger e Walters, 1993).

Um material viscoelástico que segue um comportamento linear indica que a razão entre a tensão e deformação, em qualquer instante ou frequência, é dependente do tempo, contudo é independente da magnitude da tensão ou deformação aplicada (Ferry, 1980).

A Figura 4 representa esquematicamente a deformação de um material em função de uma tensão aplicada ao longo do tempo (Sousa, 2001).

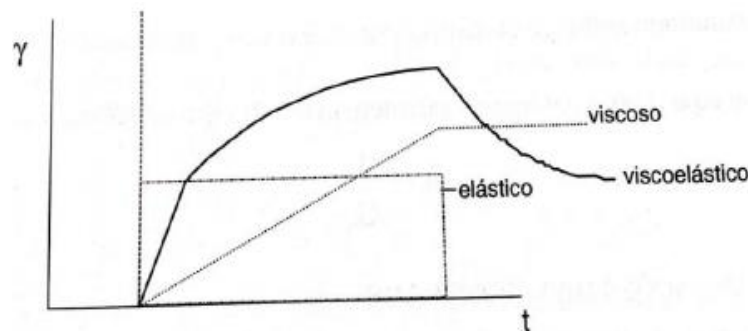


Figura 4. Evolução da deformação de um material em função de uma tensão aplicada ao longo do tempo (Fonte: adaptado de Sousa, 2001).

A forma como os materiais reagem às forças aplicadas e às deformações depende da estrutura interna dos materiais. A massa do pão e das bolachas são denominados viscoelásticos (Williams, 2007; Alves, 2003; Ibarz e Barbosa-Cánovas, 2005; Morais, 2001).

A viscoelasticidade linear dos materiais é caracterizada através de vários testes. Os testes de fluência e recuperação, relaxação de tensões e ensaios oscilatórios dinâmicos, determinam as relações entre tensão, deformação e tempo (Tabilo-Munizaga e Barbosa-Canovas, 2005).

Os ensaios oscilatórios dinâmicos determinam a conformação macromolecular e avaliação das interações intermoleculares. Os testes de tensão-deformação determinam o comportamento de massas de pão de bolachas, classificados como testes de baixas e altas tensões de deformação. Os testes de baixas tensões são aplicados quando é necessário pequenas tensões para deformar a amostra. Este teste não causa destruição da estrutura interna do material e é efetuado na zona de viscoelasticidade linear. Os ensaios de grandes tensões atingirem o ponto de deformação permanente da estrutura da amostra, situando-se na zona de viscoelasticidade não linear (Tabilo-Munizaga e Barbosa-Canovas, 2005; Alves, 2003).

Os testes oscilatórios (baixas tensões) são utilizados para caracterizar o comportamento reológico de materiais com propriedades viscoelásticas, devido às microestruturas dos materiais. A transição de sólido-gel altera as propriedades reológicas do material, aumentando a viscosidade e provocando variações nas componentes G' e G'' . A componente G' retrata a contribuição elástica do gel e a componente G'' retrata a contribuição viscosa do gel. As variações G' e G'' descrevem o comportamento viscoelástico em função da frequência, resultando numa curva designada espectro mecânico ou varrimento de frequência. É possível a partir da referida curva verificar informações sobre a estrutura interna do gel em estudo. Por exemplo, alguns polissacáridos como a goma xantana podem formar soluções não estruturadas, enquanto outros polissacáridos como o carragenato, agarose, amilose e goma gelana, originam soluções estruturadas (géis fortes) (Figura 5. A;B) (Botelho, 2012; Alves, 2003).

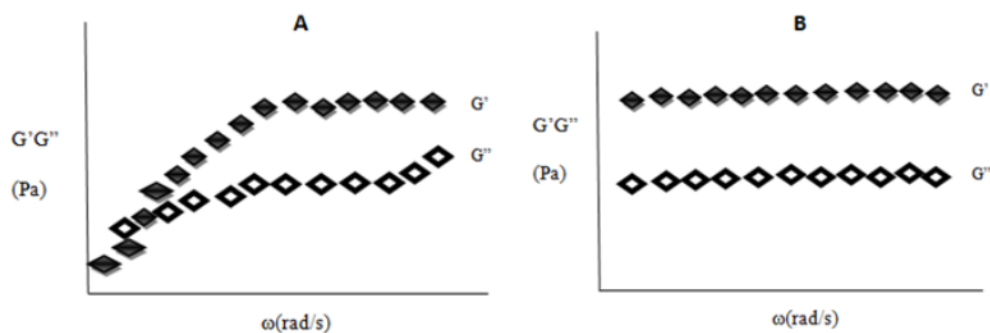


Figura 5. Espectros mecânicos (materiais viscoelásticos). A. Solução não estruturada (polímero entrelaçado); B. Solução estruturada (gel forte) (Fonte: adaptado de Botelho, 2012).

Os testes de reologia podem ser realizados num reómetro de tensão ou de deformação controlada (Figura 6), que atua nos modos estacionário e oscilatório, sendo controlada a tensão ou deformação aplicada (Botelho, 2012).

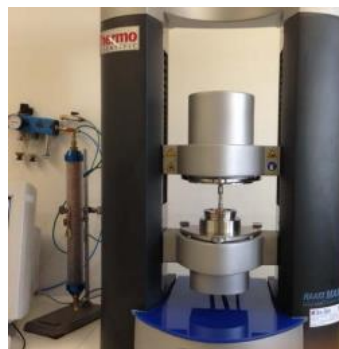


Figura 6. Reómetro de tensão controlada MARS III (Haake, Alemanha).

Para analisar as propriedades dos materiais podem ser realizados testes dinâmicos, em que os mais comuns são: varrimento de tensão (stress sweep), varrimento de frequências (*frequency sweep*); varrimento de temperaturas (*temperature sweep*); varrimento de tempo (*time sweep*) (Lopes da Silva e Rao, 1999). A Tabela 7 descreve os referidos testes. No presente trabalho foram realizados o teste de varrimento de tensão e o teste de varrimento de frequências.

Tabela 7. *Testes dinâmicos para obtenção das propriedades de géis* (Fonte: Lopes da Silva e Rao, 1999).

Ensaio de varrimento de tensão	Determinam o intervalo de viscoelasticidade linear, onde se varia a tensão aplicada ao longo do tempo, mantendo um valor de frequência fixo e temperatura controlada. A região linear é a zona de tensões que conduz a valores constantes dos módulos viscoelásticos G' e G'' . Permite determinar o valor da tensão crítica, que corresponde à máxima tensão que é possível aplicar sem que ocorra rutura da estrutura interna do material.
Ensaio de varrimento em frequência	Ensaio oscilatório mais comum e analisa a variação do comportamento viscoelástico do gel em função da taxa de tensão aplicada. Através dos valores de G' e G'' obtidos pode-se classificar o gel como forte ou fraco. Quando G' é superior pelo menos 10 vezes a G'' em toda a gama de frequências estudada o material é considerado estruturado. Quando G' e G'' apresentam uma pequena diferença entre si e uma grande dependência da frequência o gel é considerado fraco;
Ensaio de varrimento em temperatura	Analisa alterações na estrutura dos materiais através do efeito da variação de temperatura, quando o material está a formar-se. Os valores de G' e G'' são definidos em função da temperatura e com a frequência de oscilação constante.
Ensaio de varrimento em tempo (ou testes de maturação)	São adequados para o estudo de alterações na estrutura do gel em função do tempo. Os valores de G' e G'' são definidos em função do tempo e com a frequência de oscilação e a temperatura constantes.

2.9.11. Avaliação das propriedades de textura

A textura é uma propriedade difícil de definir e pode ter significados diferentes para cada autor.

Segundo a ISO 5492:1992 citado por Ramos (2013), “A textura abrange propriedades mecânicas de um produto alimentar perceptíveis por recetores mecânicos, táteis, visuais e auditivos”.

A textura depende das propriedades físico-químicas dos alimentos, este parâmetro pode ser percebido sensorialmente, pelo tato, visualmente, pelo gosto e pela audição (Lewis, 1996 citado por Piteira, 2005).

Kramer (1973) definiu a textura como uma propriedade relacionada com os sentidos e suscetível a medições mecânicas objetivas e diretas.

Szczesniak (1963) definiu a textura como um parâmetro da estrutura de um alimento, que pode ser percebido através dos sentidos fisiológicos.

A textura é um dos parâmetros preponderantes para a aceitação de um produto, contudo outros fatores também influenciam na aceitação do consumidor como a aparência, o sabor, as características nutricionais, a conveniência do produto e o custo. Todos estes fatores contribuem para a obtenção de um produto de melhor qualidade e aceitação (Sousa, 2001; Bourne, 1982).

A avaliação da textura de um alimento pode ser realizada segundo vários tipos de testes, classificados como fundamentais, empíricos e imitativos (Bourne, 2002). Na Tabela 8 estão representados alguns ensaios de textura e as características de cada um.

Tabela 8. *Exemplos de ensaios de textura* (Fonte: Bourne, 2002).

Ensaio de textura	Aplicação em alimentos	Sondas	Parâmetros avaliados	Propriedades
Penetração	Frutos, vegetais, géis, produtos lácteos	Esféricas, cilíndricas, cónicas	Dureza, firmeza, fraturabilidade, elasticidade, consistência	Viscoelasticidade, viscosidade, plasticidade, elasticidade
Corte	Vegetais, carnes	Wamer-Bratzler, Butter cutter	Resistência ao corte, dureza, firmeza	Plasticidade, elasticidade, consistência
Compressão	Bolos, pão, frutos	Pratos	Frescura, grau de maturação	Viscoelasticidade

Compressão-tensão	Cereais, frutos	Célula de Kramer	Dureza, firmeza, elasticidade	Plasticidade
Compressão-extensão	Frutos, vegetais, massas	Célula de Ottawa	Dureza, compressão	Plasticidade, elasticidade
Tração tênsil	Massas, pão	Tênsil	Elasticidade	Elasticidade
Flexão	Pão, bolachas, frutos	Torsão	Fraturabilidade, flexibilidade	Plasticidade, elasticidade

Na análise de textura utiliza-se o texturómetro (Figura 7). Este é constituído por um dinamómetro que transfere a energia mecânica ao material a uma velocidade constante ao longo do tempo ou da distância. É então obtida uma curva força *versus* tempo ou força *versus* distância, onde foi registada a variação de textura do material (Sousa, 2001).

Os testes realizados dependem do tipo de sonda utilizada, da velocidade da mesma, dos parâmetros e das condições de cada teste, da distância e da geometria da amostra (Mitchell, 2004).

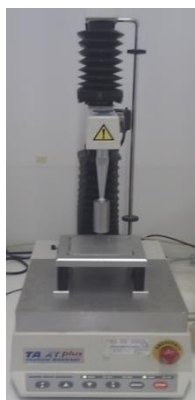


Figura 7. Texturómetro TA.Xt plus (Stable Microsystems).

A **análise de perfil de textura (TPA)** envolve duas penetrações ou compressões pela sonda na amostra, com uma pausa entre elas para a recuperação do material, simulando assim a ação de duas dentadas na amostra (*two bites*). Este teste é utilizado para avaliar diferenças de textura sem recorrer à análise sensorial e a um painel de provadores (Mitchell, 2004; Sousa, 2001).

O texturograma (Figura 8) obtido permite obter vários parâmetros de textura como a firmeza, a fraturabilidade, a adesividade, a elasticidade e a coesividade, e a partir

deste é possível calcular dois parâmetros secundários como a gomosidade e a mastigabilidade (Nunes, 2005).

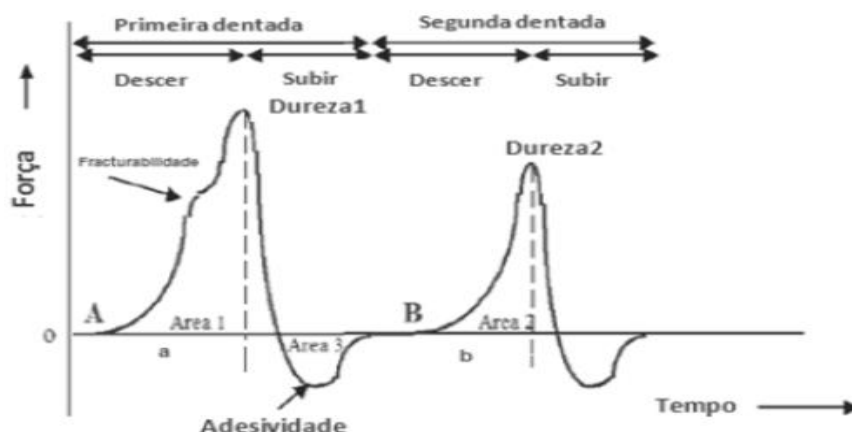


Figura 8. Exemplo de um texturograma típico de um gel (Bourne, 2002).

Na Tabela 9 estão representadas os parâmetros de textura que se podem obter e que estão relacionadas com a percepção sensorial.

Tabela 9. Parâmetros da textura e relação com a percepção sensorial (Fonte: adaptado de Bourne, 2002).

	Parâmetros	Físicos	Sensoriais
	Dureza	Força máxima registada no 1º ciclo de penetração ou compressão (N)	Força requerida para comprimir uma substância entre os dentes (sólida) ou entre a língua e o palato (semi-sólida)
	Coesividade	Razão entre o trabalho realizado no 2º ciclo e o trabalho realizado no 1º ciclo ($A2/A1$) adimensional	Grau de compressão da substância entre os dentes antes de partir
Primários	Adesividade	Trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o material e a superfície da sonda ($A3$). (N.m ou N.s)	Força necessária para remover o material aderente à boca (palato) durante o processo normal de mastigação.
	Elasticidade	Percentagem de recuperação do material (razão entre duas deformações) (b/a)	Capacidade do produto voltar à forma inicial sem apresentar deformação.
	Fracturabilidade	Força registada no primeiro pico (N)	Força para a qual o material desagrega ou fratura.

Secundários	Gomosidade	Energia necessária para mastigar um alimento semi-sólido (dureza \times coesividade \times 100) (N)	Densidade que persiste através do processo de mastigação
	Mastigabilidade	Energia necessária para mastigar o alimento (gomosidade \times elasticidade) (N)	Tempo necessário para mastigar (intensidade de força aplicada constante) de forma que a amostra tenha a consistência adequada para engolir.

As propriedades secundárias são definidas a partir de propriedades primárias, sendo por essa razão mais difíceis de utilizar como elemento característico da textura dos alimentos (Bourne, 2002).

2.9.12. Avaliação instrumental da cor

A cor é um dos importantes atributos de qualidade nos alimentos e é influenciada por várias características físicas, como o tamanho, textura, brilho, polarização e estado físico do alimento (Francis 2005).

Na determinação instrumental da cor utiliza-se um colorímetro (Figura 9), que tem acoplado a uma fonte de iluminação padrão. Os resultados são avaliados pelo sistema de coordenadas L^* , a^* e b^* ou CIELAB (Figura 10) (Sahin e Sumnu, 2006; Francis 2005).



Figura 9. Colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Japão)

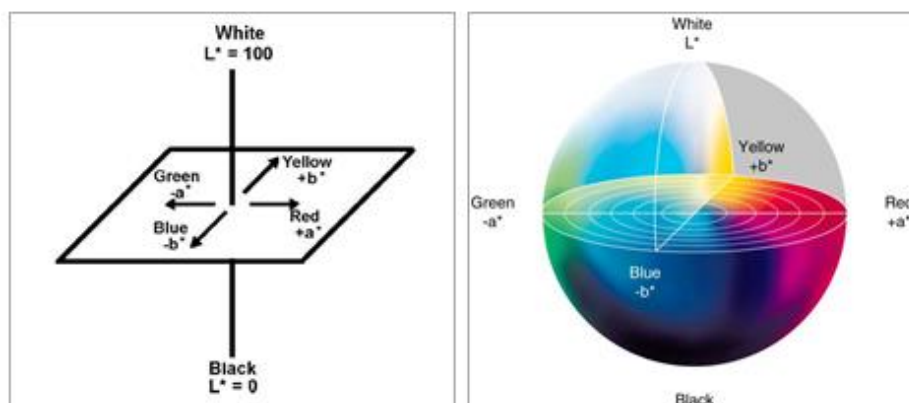


Figura 10. Sistema de coordenadas $L^*a^*b^*$ (Fonte: Sahin e Sumnu, 2006; Pereira, 2012).

Sahin e Sumnu (2006) descrevem as coordenadas: L^* mede a luminosidade e varia entre 100 % (claro) e 0 % (escuro); a componente a^* varia entre a cor verde (-60^*) e a cor vermelha ($+60^*$); a componente b^* varia entre a cor azul (-60^*) e a cor amarela ($+60^*$). Este procedimento permite fazer a comparação entre a cor de vários alimentos e verificar a evolução da cor dos alimentos ao longo do tempo; o conjunto das coordenadas (L^* , a^* e b^*) permite localizar no espaço de cor.

2.9.13. Atividade da água

A água é um dos principais componentes dos alimentos, sendo o teor de água livre em alimentos um fator importante na conservação e alterações químicas, físicas e microbiológicas durante o armazenamento (Sampaio *et al.*, 2009).

Fontana (1998) citado por Ziegler (2006) definiu a atividade da água (a_w) como a relação da pressão de vapor de água em equilíbrio com um alimento e a pressão de saturação de vapor na mesma temperatura.

A atividade da água é um parâmetro importante para a previsão das características de conservação dos alimentos. Geralmente, quanto maior o teor de água, maior o valor de a_w e consequentemente, maior a sensibilidade à deterioração de um produto. Valores da $a_w > 0,75$ favorecem o crescimento de leveduras e bactérias (Sampaio *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2009).

2.9.14. Análise sensorial

A Norma Portuguesa 4263 (1994) define análise sensorial como “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos.

No desenvolvimento de produtos é importante o controlo da qualidade e a satisfação dos consumidores. Para tal, utilizam-se as técnicas sensoriais para analisar e interpretar as respostas e necessidades dos consumidores (Meilgaard *et al.*, 1999).

Os métodos de análise sensorial dividem-se em métodos discriminativos, métodos descritivos e métodos afetivos. Os métodos discriminativos baseiam-se na diferenciação qualitativa e quantitativa entre as amostras (testes de sensibilidade ou testes de diferença). Os métodos descritivos, como o nome indica, descrevem qualitativamente e quantitativamente as amostras. Nos métodos afetivos o provador dá

a sua opinião sobre a amostra (Araújo *et al.*, 2008; Monteiro, 2007; Larmond, 1977 citado por Anzaldúa-Morales, 1994).

Quando se pretende verificar a aceitabilidade de um produto, recorre-se aos métodos efetivos como o teste de preferência ou o teste de aceitação (Araújo *et al.*, 2008).

3. Materiais e métodos

Neste capítulo serão apresentadas sucintamente as metodologias utilizadas neste estudo experimental de desenvolvimento de bolachas a partir de farinha e farelo de arroz. Avaliaram-se as características físicas e sensoriais, ao longo do desenvolvimento do produto.

Para o desenvolvimento da formulação da bolacha isenta de glúten, foram realizados ensaios preliminares a partir de estudos da farinha e do farelo de arroz e de outros ingredientes usualmente utilizados. Os ensaios preliminares tiveram como objetivo seleção da gordura ou óleo (óleo de girassol, margarina e azeite), proporção água:óleo de girassol (15:13 e 17:15) e percentagem de farelo (0%, 6%, 10% e 14%) a incorporar na formulação, e estruturou-se assim uma formulação inicial. A tabela 10 representa as formulações de cada ensaio preliminar.

Tabela 10. Formulações de cada ensaio preliminar das bolachas isentas de glúten, para 100 g de massa.

Ingredientes	Seleção tipo de óleo ou gordura Quantidades (g)			Porporção água:óleo vegetal Quantidades (g)		Incorporação de farelo de arroz Quantidades (g)			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Açúcar	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Fermento	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lecitina de soja	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Farelo de arroz	0	0	0	0	0	0	6	10	14
Farinha de arroz	55	55	55	55	51	55	49	45	41
Água	15	15	15	15	17	15	15	15	15
Óleo vegetal	13	-	-	13	15	13	13	13	13
Azeite	-	13	-	-	-	-	-	-	-
Margarina	-	-	13	-	-	-	-	-	-

Tendo em vista a otimização da formulação final das bolachas aplicou-se a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) com o objetivo de estudar o efeito combinado das variáveis farelo de arroz e água. Para ser possível obter 100% de massa com a variação do farelo e da água, variou-se também a quantidade de farinha de arroz e óleo de girassol sendo assim possível acertar os 100% de massa.

3.1. Materiais

Os materiais foram selecionados de acordo com o custo, acessibilidade no mercado e garantia de isenção de glúten. A farinha e o farelo de arroz (Figura 11. A e B) foram cedidos por empresas do setor do descasque de arroz, nomeadamente, a Novarroz e a Valente Marques e os restantes ingredientes (óleo de girassol; fermento; lecitina de soja; açúcar) foram adquiridos no mercado local.

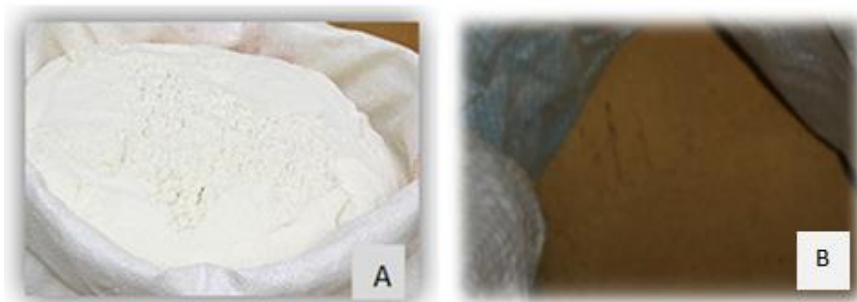


Figura 11. A. Farinha de arroz. B. Farelo de arroz.

A farinha de arroz foi obtida por moagem da trinca, tendo-se trabalhado com farinha de arroz carolino. O farelo foi obtido pela remoção da película que envolve o grão e pelo processo de polimento e vaporização, tendo-se trabalhado com farelo de arroz vaporizado.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento experimental para otimização da formulação final

O delineamento experimental realizado para otimizar a formulação final baseou-se no recurso à metodologia de superfície de resposta, com o objetivo de estudar o efeito combinado das variáveis independentes farelo de arroz e água. As variáveis foram estabelecidas em cinco níveis codificados ($-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$) (Tabela 11).

Tabela 11. Variáveis independentes e níveis de variação.

Variáveis independentes	Níveis de variação				
	$-\alpha$	-1	0	$+1$	$+\alpha$
Farelo (%)	0	1,45	5	8,55	10
Água (%)	12	12,87	15	17,13	18

No delineamento foram usados 12 tratamentos (codificados com as letras de A a L – Tabela 12), sendo quatro fatoriais (combinam os níveis -1 e $+1$), quatro axiais (uma variável nos níveis de $\pm \alpha$ e a outra em zero) e três centrais (as três repetições do nível zero, que correspondem às letras J,K,L). Na Tabela 12 estão representados os valores codificados e reais do delineamento experimental para as duas variáveis independentes e cinco níveis de variação. As variáveis dependentes ou respostas foram: dimensões, a_w , cor e firmeza das bolachas, e as propriedades de textura das massas (firmeza, adesividade e coesividade). Utilizou-se o programa *Statistica* (StatSoft, Inc., Tulsa, OK 74104, USA) versão 7 de 2004. Os resultados foram avaliados pela Metodologia de Superfície de Resposta.

Tabela 12. Delineamento experimental para as duas variáveis (percentagem de água e percentagem de farelo) e cinco níveis com os seus valores codificados e reais.

Ensaio	Níveis de variação	Água (%)	Farelo (%)
A	-1;-1	12,87	1,45
B	1;-1	17,13	1,45
C	-1;1	12,87	8,55
D	1;1	17,13	8,55
E	0;0	15	5
F	$-\alpha$;0	12	5
G	α ;0	18	5
H	0; $-\alpha$	15	0
I	0; α	15	10
J	0;0	15	5
K	0;0	15	5
L	0;0	15	5

3.2.2. Preparação das massas e das bolachas

As formulações das massas foram preparadas para 100 g totais de uma mistura com farinha de arroz; farelo de arroz; lecitina de soja; fermento; açúcar; água e óleo ou gordura, de acordo com a tabela 10 no capítulo 3. Como referido anteriormente utilizou-se como controlo bolachas com 55 g de farinha de trigo e sem farelo de arroz, mantendo-se as quantidades dos restantes ingredientes, acima descritas.

Para a preparação das massas todos os ingredientes foram pesados e em seguida misturados numa batedeira elétrica (*Thermomixer*), durante 10 minutos a uma velocidade constante (velocidade 1). As misturas foram mantidas, durante 1 hora, no frigorífico. Posteriormente, as massas foram moldadas com recurso a um rolo, formas circulares de 43 mm de diâmetro e barras com 6 mm de altura e cozidas num forno elétrico ventilado (*Garbin Professional Ovens®*), durante 15 a 20 minutos a 180 °C.

Após atingirem a temperatura ambiente, as bolachas foram colocadas num recipiente fechado para posteriores análises.

O modo de preparação das massas e das bolachas está representado através do diagrama da Figura 12.

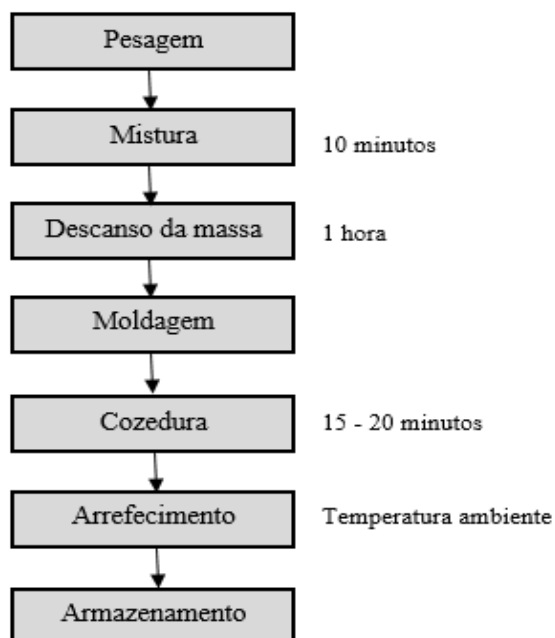


Figura 12. Diagrama do processo de preparação da massa e das bolachas.

3.2.3. Avaliação da textura das massas e das bolachas

Para avaliar a textura das bolachas e das respectivas massas efetuaram-se testes de penetração através do texturómetro *TA.xt.plus* (Stable Micro Systems, UK) equipado com uma célula de carga de 5 kg, numa sala com temperatura controlada a 20 ± 1 °C.

A textura da massa foi avaliada através do teste de perfil de textura (TPA) ou teste das duas dentadas (*two bite*). A sonda penetra duas vezes no material, com um tempo de intervalo de 5 segundos entre os dois ciclos, para a recuperação da estrutura do material (Sousa, 2001; Bourne, 1982).

Para a realização do teste, utilizou-se uma sonda cilíndrica de acrílico (P/10) de 10 mm de diâmetro que penetrou a amostra a uma profundidade de 8 mm com velocidade de 2 mm s^{-1} . Foi efetuado, para cada massa, pelo menos dez determinações; esta foi analisada após 15 minutos de descanso da massa.

Os texturogramas obtidos (força *versus* tempo) permitiram calcular a firmeza (N), a coesividade (adimensional) e a adesividade (N.s). Apenas foram considerados para

análise estes parâmetros por se verificar que discriminavam melhor as características da massa das bolachas.

A textura das bolachas foi avaliada através do teste de penetração, com recurso a uma sonda cilíndrica de alumínio (P/2) de 2 mm de diâmetro que penetrou a amostra a uma profundidade de 4 mm com velocidade de 2 mm s⁻¹. Foram efetuadas cinco determinações em duas bolachas de cada amostra; o teste foi efetuado após as bolachas atingirem a temperatura ambiente. Os texturogramas obtidos permitiram calcular a firmeza (N) das bolachas.

3.2.4. Medição das dimensões das bolachas

Para a análise das dimensões das bolachas em estudo, determinaram-se as medidas: espessura e diâmetro, com o auxílio de um paquímetro digital, com o objetivo de calcular a razão entre o diâmetro e a espessura que representa o fator de expansão. As medições foram realizadas em triplicado para cada formulação.

3.2.5. Avaliação da cor das bolachas

A cor das bolachas foi analisada através do Colorímetro *Minolta CR – 300* (Japão). Os resultados foram avaliados pelo sistema de coordenadas L*, a* e b* ou *CIELAB*.

O colorímetro foi previamente calibrado com um padrão branco *Minolta* (Y= 92,33, x= +0,37, y= +2,10). Foram efetuadas cinco medições em duas amostras de cada formulação.

3.2.6. Medição da atividade da água das bolachas

A determinação da atividade da água foi efetuada após as bolachas atingirem a temperatura ambiente, através do equipamento *Hygrolab 3* (*Rotronic*, UK) (Figura 13), à temperatura constante de 20,0±0,2 °C. Para cada formulação foram efetuadas determinações em triplicado.



Figura 13. Equipamento de leitura da actividade de água - *Hygrolab 3* (Rotronic, UK).

3.2.7. Avaliação do comportamento reológico das massas

Para os ensaios reológicos, as amostras foram analisadas após 15 minutos do descanso da massa. Realizou-se a avaliação do comportamento viscoelástico linear das massas, aplicando tensões oscilatórias de pequena amplitude, num reómetro de tensão controlada (MARS III - Haake, Alemanha).

O comportamento viscoelástico foi determinado pela variação de G' (módulo elástico) que retrata a contribuição elástica do material e G'' (módulo viscoso) que retrata a contribuição viscosa do material, em função da frequência, obtendo-se uma curva designada espectro mecânico ou varrimento de frequência. A partir da referida curva analisou-se a estrutura interna das amostras estudadas.

Antes do espectro mecânico ou varrimento de frequência, foi realizado um teste de varrimento de tensão, para todas as amostras analisadas, com o objetivo de selecionar a tensão a aplicar de modo a garantir as condições de linearidade. O varrimento de frequência foi efetuado considerando um tempo de espera da amostra no prato do reómetro de 5 minutos, com o objetivo de permitir a estabilização do material. Os ensaios reológicos foram efetuados à temperatura de 20 ± 1 °C (controlada no prato do reómetro através de um sistema *UTCe-Peltier* acoplado). Foi utilizado um sistema sensor de pratos paralelos serrados, com 20 mm de diâmetro e um intervalo entre pratos de 2 mm. As arestas expostas das amostras foram cobertas com óleo de parafina, para evitar a evaporação de água durante os testes. Efetuaram-se duas repetições de cada massa.

3.2.8. Análise sensorial

As bolachas foram avaliadas quanto à aceitação sensorial considerando os atributos aparência, cor, cheiro/odor, textura, sabor, apreciação global e intenção de compra, utilizando-se a classificação de uma escala hedônica de estruturada de 1 a 6, onde 1 representava muito agradável e 6 muito desagradável.

Recorreu-se a um painel de 30 provadores não treinados (consumidores), com idades entre 20 e 60 anos, de ambos os sexos, para a avaliação das bolachas, através de uma folha de prova desenvolvida com base na apreciação global dos produtos (Anexo II). A prova sensorial foi desenvolvida no Edifício Ferreira Lapa, no Instituto Superior de Agronomia. Cada provador recebeu duas amostras codificadas, uma bolacha com farinha e farelo de arroz e outra com farinha de trigo (controle). As amostras foram servidas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado.

3.2.9. Análise estatística

A metodologia de superfície de resposta descreve o comportamento da variável dependente ou respostas (y) frente às mudanças nas variáveis independentes (x_i) dentro do intervalo estudado. O polinómio preditivo para cada resposta pode ser utilizado dentro do intervalo estudado, fixado pelos níveis extremos das variáveis independentes. A significância do modelo foi testada pela análise de variância e pelo teste de *Tukey*. Nos modelos ajustados foram eliminadas as variáveis não significativas, com um nível de 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada através do *software Statistica* (StatSoft, Inc., Tulsa, OK 74104, USA) versão 7, de 2004.

O tratamento estatístico dos resultados que não foram avaliadas pela Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) foi realizado no programa Microsoft® Office Excel 2007, através da Análise de Variância (ANOVA) e para comparação das médias, foi realizado o teste de *Tukey*. Os resultados das análises foram calculados com um nível de significância de 5 % de probabilidade de erro, e considerou-se significativa a diferença entre grupos sempre que $p < 0,05$.

4. Resultados e discussão

Neste capítulo avaliaram-se as características físicas e sensoriais das bolachas desenvolvidas a partir de farinha e farelo de arroz, com objetivo à otimização de uma formulação funcional com aceitação dos consumidores relativamente a uma bolacha tradicional. Nos ensaios preliminares avaliou-se a cor e a firmeza das bolachas, em relação ao tipo de gordura, proporção água:óleo de girassol e percentagem de farelo mais adequada a incorporar na formulação inicial (tabela 10, seção 3). Posteriormente realizaram-se análises às dimensões, fator de expansão, firmeza e cor das bolachas, bem como à firmeza, coesividade e adesividade das massas, obtidas através do delineamento experimental. Realizaram-se também análises ao comportamento reológico das massas com glúten e sem glúten. Por fim, efetuou-se a análise sensorial da formulação final otimizada e comparou-se com o controlo obtido a partir de trigo.

4.1. Seleção do óleo ou gordura a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas

A avaliação das propriedades de firmeza (N) e da cor das bolachas resultantes das formulações com diferentes óleos e gorduras podem ser observadas a partir das Figuras 14 e 15.

A firmeza das bolachas é a força máxima aplicada para alterar ou romper a amostra. A força máxima (N) avaliada para as bolachas depende de vários fatores, como a conservação e quantidade de gorduras, açúcares, qualidade da farinha, humidade da massa, entre outros (Esteller e Lannes, 2005).

A análise dos resultados de textura demonstrou que as bolachas com os diferentes óleos e a gordura (óleo de girassol, azeite e margarina) não apresentaram firmeza com diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si com média de 9 N (Figura 14).

As bolachas elaboradas neste trabalho apresentaram valores de firmeza próximos dos encontrados por Zucco *et al.* (2011), que elaboraram bolachas com leguminosas e obtiveram variações de 8,7 N.

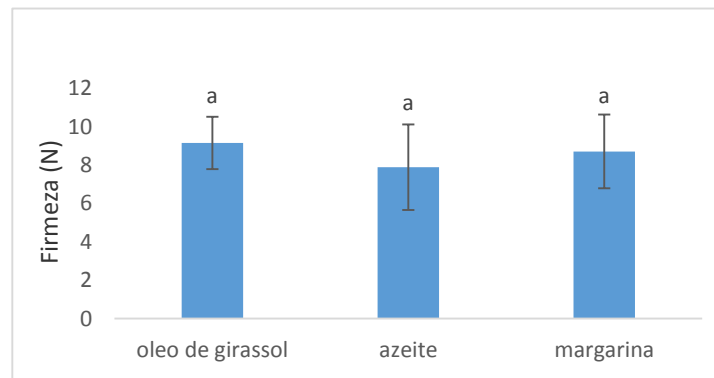


Figura 14. Firmeza (N) das bolachas de farinha de arroz com os diferentes óleos e gorduras testados.

Na Figura 15 estão apresentados os parâmetros de cor das bolachas, representados pelos valores de L^* (luminosidade), a^* e b^* (cromaticidade).

Nas bolachas com os diferentes óleos e gorduras não se observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros da cor. O parâmetro L^* apresentou médias $L^* = 75$; os valores de cromaticidade a^* apresentaram-se na região do vermelho e os valores de cromaticidade b^* apresentaram-se na região do amarelo, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores positivos.

De acordo com os resultados, optou-se pelo óleo de girassol para incorporar na formulação, visto não se terem observado diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os óleos e gorduras testadas e este ser um óleo de baixo custo e que não confere sabor intenso às bolachas.

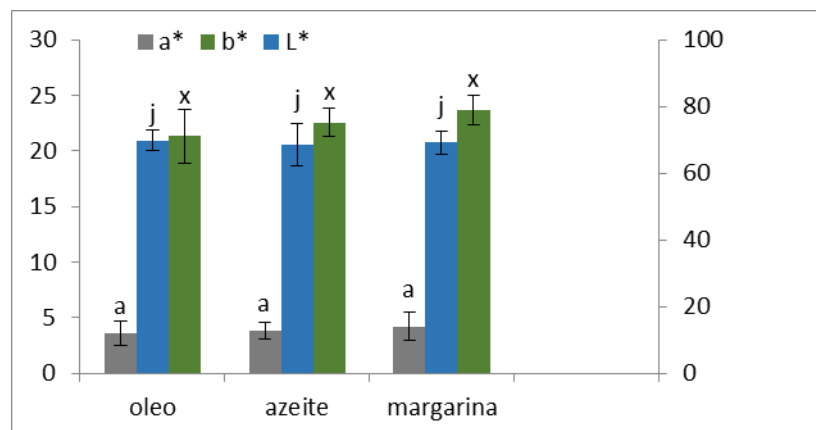


Figura 15. Avaliação da cor das bolachas de farinha de arroz com os diferentes óleos e gorduras testados.

4.2. Seleção da proporção água:óleo de girassol a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas

Através da Figura 16 avaliou-se a firmeza das bolachas produzidas com diferentes proporções de água e óleo de girassol, no sentido de otimizar a formulação base.

Em relação às bolachas controlo de trigo a firmeza não é significativamente ($p < 0,05$) afetada pelas diferentes proporções água:óleo de girassol estudadas. No caso das bolachas de arroz carolino, as duas proporções água:óleo de girassol (15:13 e 17:15) estudadas têm implicações significativamente diferentes ($p < 0,05$) na firmeza, pois as duas bolachas são menos firmes comparando com o controlo, sendo que a bolacha com menor proporção água:óleo de girassol (15:13) apresentou a menor firmeza.

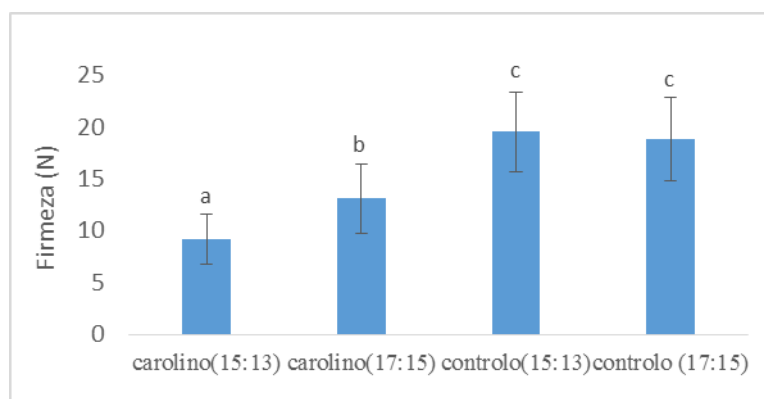


Figura 16. Avaliação da firmeza (N) das bolachas de farinha arroz de acordo com as diferentes proporções água:óleo de girassol testadas para comparação com o respetivo controlo (trigo).

Em relação aos parâmetros da cor (L^* , a^* e b^*) (Figura 17), verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os pares carolino/controlo, sendo evidenciada maior diferença nas amostras com maior proporção água:óleo de girassol.

As bolachas de arroz carolino com proporção 15:13 obtiveram valores da componente de luminosidade significativamente ($p < 0,05$) elevados ($L^* = 99$), apresentando uma coloração mais clara em relação às restantes bolachas. A componente de cromaticidade a^* apresentou valores na região do vermelho (valores positivos) e a componente de cromaticidade b^* apresentou valores na região do amarelo (valores positivos).

As bolachas elaboradas neste trabalho demonstraram maiores valores de luminosidade ($L^* = 98$ a 99), portanto bolachas com coloração clara, do que os

apresentados por Schober *et al.* (2003), para bolachas isentos de glúten ($L^*=70,3$ a $75,2$).

De acordo com os resultados optou-se pela menor proporção água:óleo de girassol (15:13), pois, visto que todas as amostras diferiram entre si, esta foi a que permitiu uma melhor moldagem da massa das bolachas e cor mais apelativa.

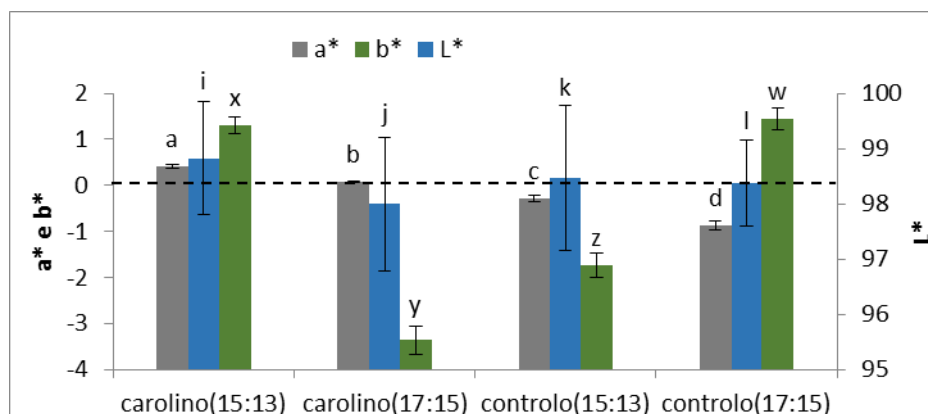


Figura 17. Avaliação da cor das bolachas de farinha de arroz de acordo com as diferentes proporções água:óleo de girassol testadas para comparação com o respetivo controlo (trigo).

4.3. Seleção da percentagem de farelo de arroz a incorporar na formulação inicial através da avaliação da firmeza e cor das bolachas

Através da Figura 18 avaliou-se a textura das bolachas de acordo com a percentagem de farelo a incorporar. Pode verificar-se que a incorporação de 0% (m/m), 6% (m/m) e 10% (m/m) de farelo não induz diferenças significativas ($p < 0,05$) na firmeza das bolachas de arroz carolino, sendo estas menos firmes que o controlo. Uma incorporação de 14% (m/m) de farelo permite obter bolachas de farinha de arroz carolino com uma firmeza semelhante à do controlo. É de salientar ainda que apesar dessa semelhança em termos de firmeza, as bolachas obtidas são emborrachadas. A incorporação de 6% (m/m) de farelo origina bolachas menos firmes mas sensorialmente mais crocantes e apelativas.

Segundo Wang *et al.* (2002) a adição de fibra provoca alterações na absorção de água e esta alteração depende da estrutura da fibra. Este fato é devido ao elevado número de grupos hidroxilo presentes na estrutura das fibras que fazem com que haja mais interações por pontes de hidrogénio. Hosene *et al.* (1964) citado por Piteira (2005)

afirmou que para elaboração de bolachas, uma boa farinha tem que apresentar baixa capacidade de ligação à água e baixa elasticidade.

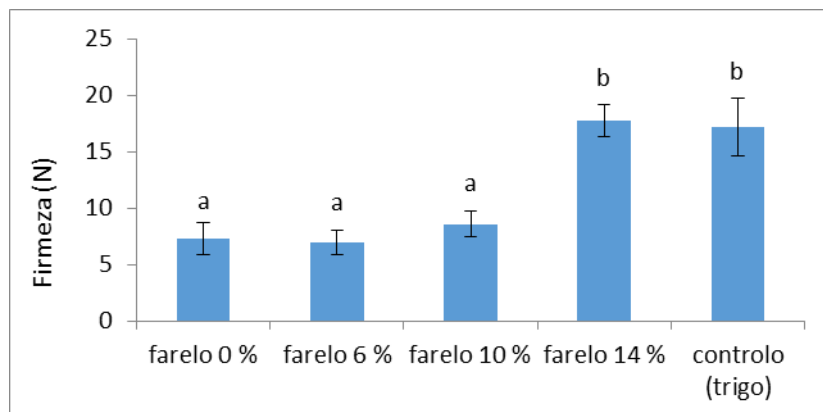


Figura 18. Avaliação da firmeza das bolachas de farinha e farelo de arroz de acordo com as diferentes percentagens de farelo de arroz testadas para comparação com o controle (trigo).

Em relação aos parâmetros de cor (Figura 19) verificou-se que todas as amostras diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$). O parâmetro L^* foi significativamente mais elevado ($p < 0,05$) (média de $L^* = 98$) no controle e na bolacha com 14% (m/m) de farelo; os valores de cromaticidade a^* apresentaram-se na região do verde e os valores de cromaticidade b^* apresentaram-se na região do azul, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores negativos. As bolachas com 6 (m/m) e 10% (m/m) de farelo obtiveram valores de cromaticidade a^* na região do vermelho e os valores de cromaticidade b^* apresentaram-se na região do amarelo, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores positivos.

Esperava-se que a formulação com 14% (m/m) de farelo obtivesse valores do parâmetro L^* mais baixos, indicando cor mais escura, visto esta ter maior percentagem de fibras incorporadas. Uma possível explicação pode residir na etapa de cozedura, pois é nesta etapa que a cor das bolachas pode variar, dependendo das condições aplicadas.

De acordo com Alpaslan e Hayta (2006), no seu estudo sobre produção de pães com farinha de linhaça, a coloração dos produtos de panificação está relacionada essencialmente com os ingredientes introduzidos na formulação. Quanto maior a percentagem de fibra adicionada nos produtos, mais escura será a coloração destes.

Com o objetivo de identificar sensorialmente qual a percentagem de farelo que mais agradaria aos consumidores, realizou-se uma análise sensorial através de um painel não treinado, e constatou-se que a formulação com os 6 % de farelo agradou à

maioria do painel. De acordo com os resultados optou-se pela menor percentagem de farelo (6 %) pois esta, apesar de diferir do controlo, apresentou cor mais apelativa e sensorialmente mais agradável.

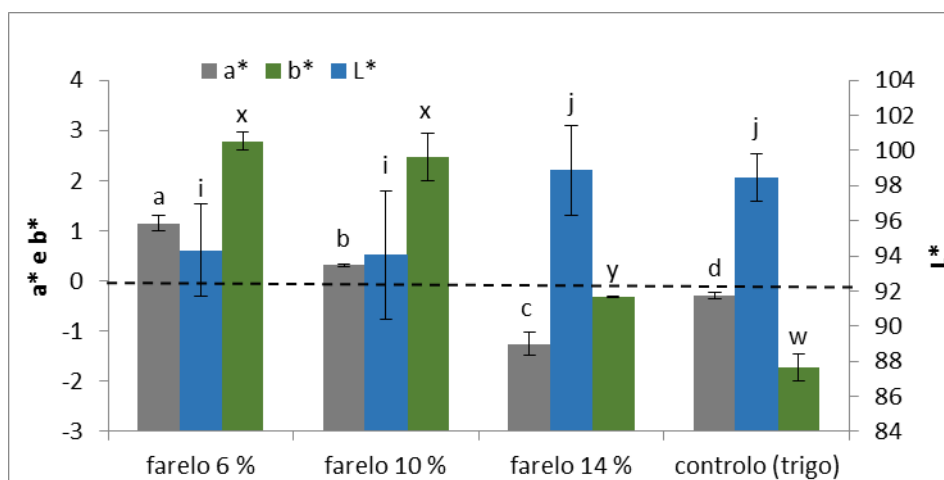


Figura 19. Avaliação da cor das bolachas de farinha e farelo de arroz de acordo com as diferentes percentagens de farelo de arroz testadas para comparação com o controlo (trigo).

4.4. Otimização da formulação das bolachas sem glúten pela Metodologia das superfícies de resposta (RSM)

Através do delineamento experimental descrito na secção 3.2.1., recorreu-se à metodologia das superfícies de resposta (RSM) para se obter possíveis correlações matemáticas que caracterizassem a interação do farelo de arroz com a água na elaboração de bolachas sem glúten.

As correlações matemáticas encontradas para cada variável dependente não apresentaram significância estatística. Deste modo, os resultados das avaliações de cada variável foram comparados através da análise de variância e do teste de Tukey, recorrendo ao programa Microsoft® Office Excel 2007.

4.4.1. Avaliação das dimensões das bolachas sem glúten

A expansão de bolachas pode ser afetada pela composição de ingredientes na formulação, como a utilização de farinhas sem glúten e ingredientes ricos em fibras, que absorvem água durante a mistura da massa (Fuhr, 1962).

Segundo Levine e Slade (1993) citado por Piteira (2005) um grande aumento da espessura das bolachas é sinal de formação de glúten e consequentemente de uma

estrutura mais “emborrachada” e mais parecida com pão, o que é negativo. Pretende-se então que as bolachas apresentem um fator de expansão reduzido, obtendo assim bolachas finas e estaladiças.

A Figura 20 representa o fator de expansão das bolachas sem glúten. Pode-se verificar que as amostras A, B, E, H, J e K apresentaram maior fator de expansão, enquanto as amostras F, I e L apresentam menor fator de expansão.

Através do gráfico 20 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) não obtiveram um fator de expansão significativamente diferente ($p < 0,05$). As formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) também não obtiveram um fator de expansão significativamente diferente ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) verificou-se uma diminuição significativa do fator de expansão das bolachas. As formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) também obtiveram uma diminuição significativa do fator de expansão. Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo diminuiu o fator de expansão das bolachas.

No estudo de Feddern *et al.* (2011) sobre adição de farelo de trigo e arroz em bolachas, os autores verificaram que a fibra do farelo na massa diminuiu a expansão das bolachas.

MacWatters (1978) citado por Simas (2008) relatou que a rápida distribuição de água para os sítios hidrofílicos durante a mistura aumentou a viscosidade da massa, limitando a expansão da bolacha.

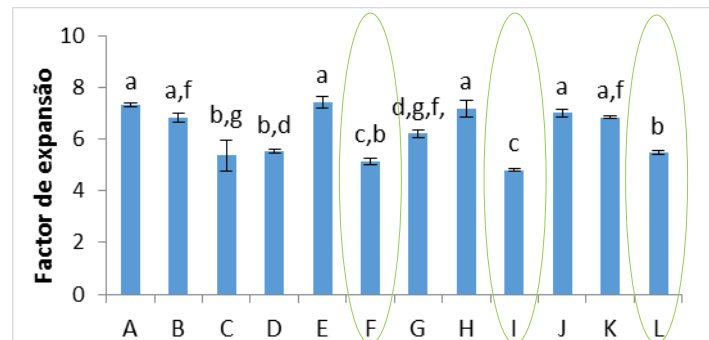


Figura 20. Dimensões (fator de expansão) das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

4.4.2. Avaliação da atividade de água das bolachas sem glúten

A Figura 21 representa a atividade de água nas bolachas sem glúten. Este é um parâmetro importante para a previsão das características de conservação do alimento. Geralmente, quanto maior o teor de água, maior o valor de a_w e consequentemente, maior a sensibilidade à deterioração de um produto. Valores da $a_w > 0,75$ favorecem o crescimento de leveduras e bactérias (Araújo *et al.*, 2009).

Verificou-se que as amostras H, I, J, K e L obtiveram valores significativamente mais elevados de a_w (média de 0,8), enquanto as amostras A, C e D apresentaram valores significativamente mais baixos (média 0,5).

Através do gráfico 21 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) obtiveram um aumento significativo no a_w ($p < 0,05$). As formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) não obtiveram um a_w significativamente diferente ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) não se verificou a_w significativamente diferente ($p < 0,05$). As formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) obtiveram uma diminuição significativa do a_w . Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo não teve diferenças significativas no a_w .

Segundo Clerici *et al.* (2013) a atividade de água proporciona informações importantes sobre a vida útil de um produto, além de ser um parâmetro a ser modificado durante o processo de produção com o objetivo de aumentar a estabilidade dos alimentos. É de realçar ainda que em cereais matinais, o a_w deve ser inferior a 0,4 para evitar a perda de crocância, mas, em bolachas, o a_w deve ser inferior a 0,6.

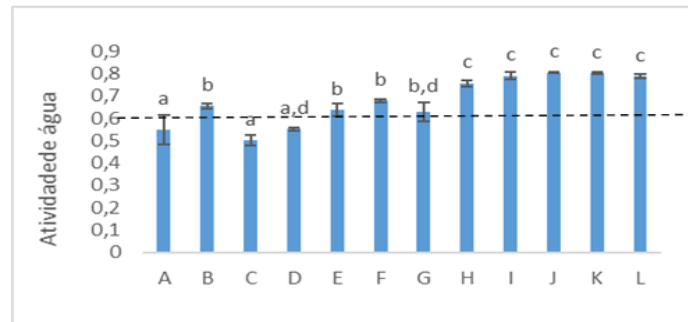


Figura 21. Atividade de água das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

4.4.3. Avaliação da cor das bolachas sem glúten

Muitos estudos que desenvolveram bolachas com farinhas alternativas à tradicional farinha de trigo determinaram os parâmetros de cor dos produtos, com o objetivo de identificar variações em função da adição de uma nova farinha ou ingrediente.

A Figura 22 representa os parâmetros de cor avaliados nas bolachas sem glúten. Pode-se verificar que as amostras B, C e G obtiveram valores de luminosidade significativamente mais elevados (media L^* = 72 a 76), logo apresentaram cor mais clara. Relativamente aos valores de cromaticidade (a^* e b^*) verificou-se que todas as amostras apresentaram valores nas regiões do vermelho e do amarelo, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores positivos.

Através do gráfico 22 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) obtiveram uma diminuição significativa no parâmetro L^* ($p < 0,05$). As formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) também obtiveram uma diminuição significativa no parâmetro L^* ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55

(%) não se verificou diferenças significativas na luminosidade das bolachas ($p < 0,05$). Nas formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) também não se verificou diferenças significativas na luminosidade das bolachas ($p < 0,05$). Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo aumentou significativamente ($p < 0,05$) a luminosidade das bolachas.

As variações nas características de cor entre as bolachas poderiam ser atribuídas às diferenças no conteúdo de pigmentos dos ingredientes utilizados, tal como o farelo, açúcar, farinha de arroz, entre outros (Simas, 2008).

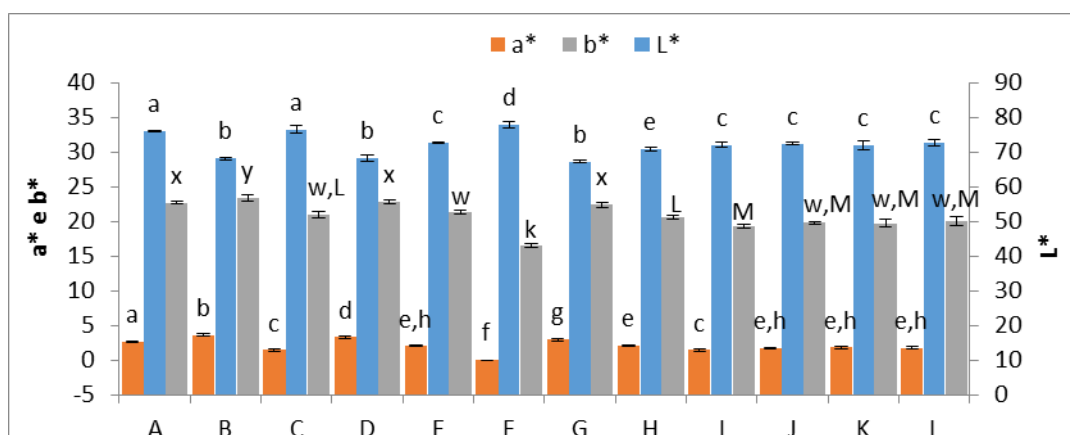


Figura 22. Cor das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

4.4.4. Avaliação da firmeza das bolachas sem glúten

A firmeza das bolachas está relacionada com a força aplicada para alterar ou romper a amostra (Esteller e Lannes, 2005).

A Figura 23 representa a firmeza (N) das bolachas sem glúten. Verificou-se que a amostra I obteve firmeza significativamente maior ($p < 0,05$) (média 14,4 N) em relação às restantes amostras. Enquanto as amostras B e F apresentaram valores de firmeza significativamente ($p < 0,05$) mais baixos (média 6 N).

Através do gráfico 23 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) obtiveram uma diminuição significativa da firmeza das bolachas ($p < 0,05$). As formulações C e D com

8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) não apresentaram diferença significativa da firmeza ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) não se verificou diferenças significativas da firmeza das bolachas ($p < 0,05$). Nas formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) verificou-se diferenças significativas da firmeza ($p < 0,05$). Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo aumentou significativamente ($p < 0,05$) a firmeza das bolachas.

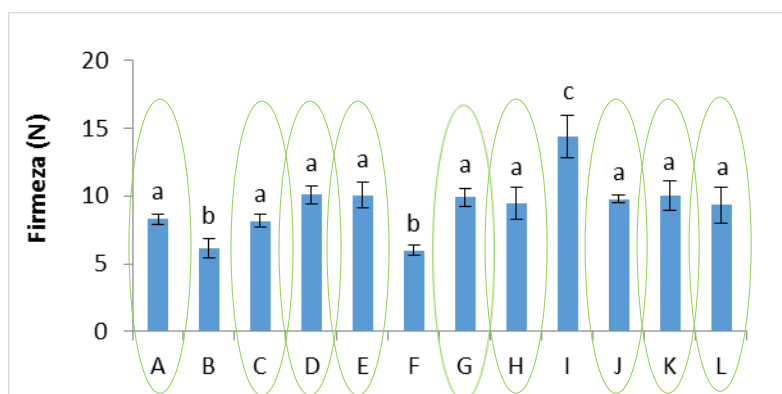


Figura 23. Firmeza (N) das bolachas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

4.4.5. Avaliação da textura das massas de bolachas sem glúten

Os testes imitativos, como a análise de Perfil de Textura (TPA), tentam simular movimentos mecânicos. A partir destes testes pode-se avaliar vários parâmetros de textura que se correlacionam com as propriedades sensoriais de textura, como a firmeza, a coesividade e a adesividade (Barrangou, *et al.*, 2006). A firmeza (N) é a força requerida para comprimir uma substância entre os dentes e corresponde à força máxima de penetração ou compressão, registada no texturograma. A coesividade está relacionada com a razão entre o trabalho realizado no 2º ciclo e o trabalho realizado no 1º ciclo. A adesividade é o trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o material e a superfície da sonda (N.m ou N.s), ou seja, é a força necessária para remover a substância aderente à boca (Bourne, 2002).

Através da Figura 24 avaliou-se a firmeza das massas. A amostra H obteve firmeza significativamente ($p < 0,05$) elevada (média 7 N) em relação às restantes amostras. Enquanto as amostras C, D e F apresentaram valores de firmeza significativamente ($p < 0,05$) mais baixos (média 1,5 N).

Através do gráfico 24 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) não se verificou diferenças significativas da firmeza das massas ($p < 0,05$). Nas formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) também não se verificou diferenças significativas da firmeza das massas ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) verificou-se diminuição significativa da firmeza das massas ($p < 0,05$). Nas formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) também se verificou diminuição significativa da firmeza das massas. Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a firmeza das massas.

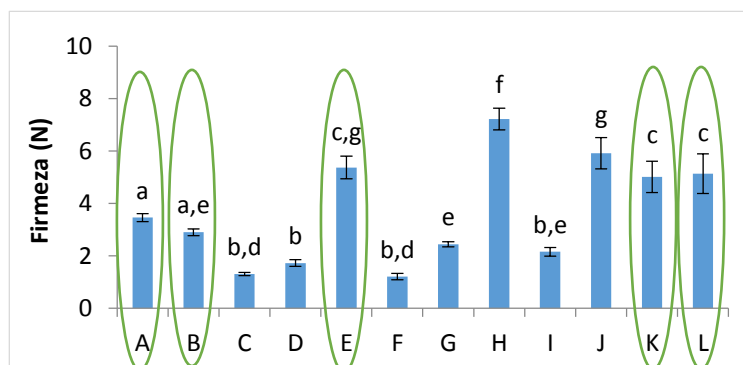


Figura 24. Firmeza (N) das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

Através da Figura 25 avaliou-se a coesividade das massas. Verificou-se que a amostra I obteve coesividade significativamente elevada ($p < 0,05$) (média 0,5) em relação às restantes amostras. Enquanto as amostras A,B, D, E, H, J, K e L apresentaram valores de coesividade significativamente mais baixos ($p < 0,05$) (média 0,10 a 0,16).

Através do gráfico 25 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) não se verificou diferenças significativas da coesividade das massas ($p < 0,05$). Nas formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) verificou-se diferenças significativas da coesividade das massas ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) também se verificou um aumento significativo da coesividade das massas. Nas formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) não se verificou diferenças significativas da coesividade das massas. Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo aumentou significativamente ($p < 0,05$) a coesividade das massas.

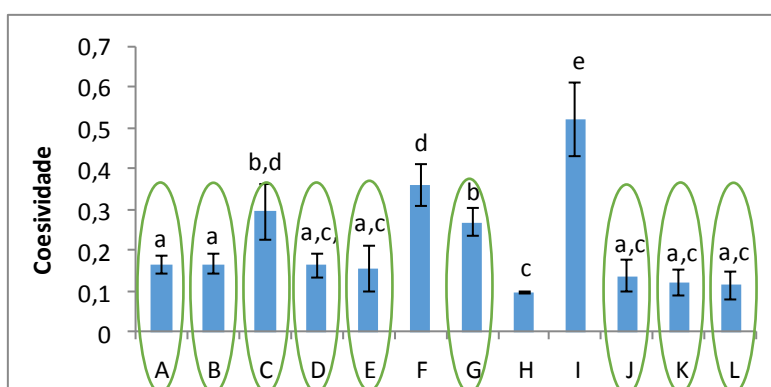


Figura 25. Coesividade das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

Através da Figura 26 avaliou-se a adesividade das massas. Pode-se verificar que a amostra I obteve adesividade significativamente elevada ($p < 0,05$) (média 2,2) em relação às restantes amostras. Enquanto as amostras B, D, E, H, J, K e L apresentaram valores de adesividade significativamente mais baixos ($p < 0,05$) (média 0,2 a 0,4).

Através do gráfico 26 e da Tabela 12 (secção 3.2.2.) relativamente às proporções variadas de farelo e água, verificou-se que as formulações A e B com 1,45 % de farelo e com um aumento de incorporação de água (12,87 % para 17,13 %) não se verificou

diferenças significativas da adesividade das massas ($p < 0,05$). Nas formulações C e D com 8,55 % de farelo e um aumento de incorporação de água de (12,87 % para 17,13 %) verificou-se uma diminuição significativa da adesividade das massas ($p < 0,05$). Analisando as formulações A e C com 12,87 % de água e com aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) não se verificou diferenças significativas ($p < 0,05$) da adesividade das massas. Nas formulações B e D com 17,13 % de água e com um aumento de farelo (1,45 % para 8,55 %) também não se verificou diferenças significativas ($p < 0,05$) da adesividade das massas. Analisando as formulações H com 15 % de água e sem adição de farelo e a formulação I com a mesma quantidade de água e com 10 % de farelo (limite máximo estabelecido) verificou-se que a adição de farelo aumentou significativamente ($p < 0,05$) a adesividade das massas.

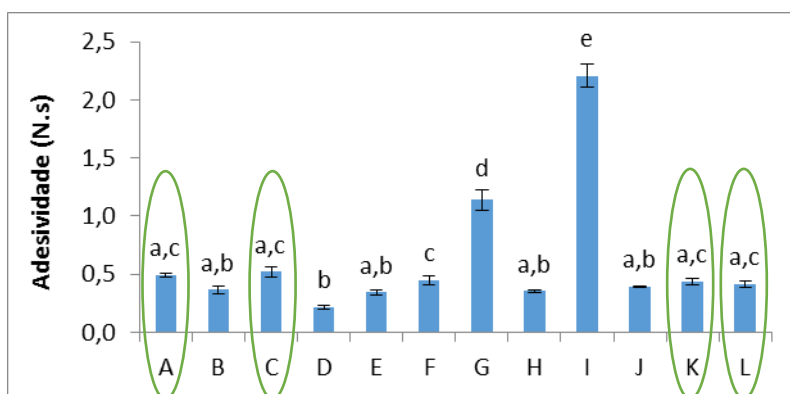


Figura 26. Adesividade (N.s) das massas das diferentes formulações obtidas através do delineamento experimental.

*Os círculos de cor verde realçam as amostras que obtiveram resultados mais favoráveis.

Apesar de não ter sido possível otimizar a formulação com base nos resultados da MSR, através dos resultados apresentados, verificou-se que as bolachas que correspondem à formulação E apresentam maior potencial de aceitação. Deste modo, a proposta de formulação a desenvolver será: 5 % (m/m) de farelo; 15 % (m/m) de água; 13 % (m/m) de óleo; 50 % (m/m) de farinha de arroz; 15 % (m/m) de açúcar; 1 % (m/m) lecitina de soja; 1 % (m/m) de fermento.

Foram avaliados ainda o comportamento reológico da massa e a análise sensorial da formulação proposta (E) e do controle (trigo), apresentadas nos subcapítulos seguintes.

4.5. Avaliação do comportamento reológico das massas de bolachas

O efeito da farinha de arroz carolino e da farinha de trigo nas características reológicas das massas foi estudado de acordo com a sequência de testes descrita na secção 3.2.7. Os testes de varrimento de tensão foram efetuados para identificar a região de viscoelasticidade linear e encontram-se em Anexo II.

A Figura 27 apresenta os resultados dos espectros mecânicos das massas, em termos da variação de G' (módulo elástico) e G'' (módulo viscoso) com a frequência de oscilação. Todos os ensaios foram precedidos do teste de varrimentos de tensão, para garantir que se utilizam tensões oscilatórias contidas no intervalo de viscoelasticidade linear das massas.

Verificou-se que a componente G' é sempre superior à componente G'' , o que traduz uma predominância da componente elástica sobre a componente viscosa, sendo que em todos os casos se verifica uma ligeira dependência dos parâmetros viscoelásticos com a frequência. Verificou-se também, para ambas as amostras, que a diferença de G' e G'' é muito pequena entre si, estes resultados sugerem uma tipologia de gel fraco.

Através dos resultados obtidos pode-se constatar ainda que o farelo marcou um papel muito importante na estrutura da massa, pois verificou-se que a amostra da massa sem glúten (com 5 % de farelo) apresentou um grau de estruturação maior que a massa com glúten.

No estudo de Raymundo *et al.* (2014) sobre o efeito do teor de Psyllium nas características da textura e da reologia das massas das bolachas e das bolachas, verificou-se espectros mecânicos semelhantes aos obtidos no presente estudo, sugerindo assim que o efeito da fibra influencia o nível de estruturação da massa.

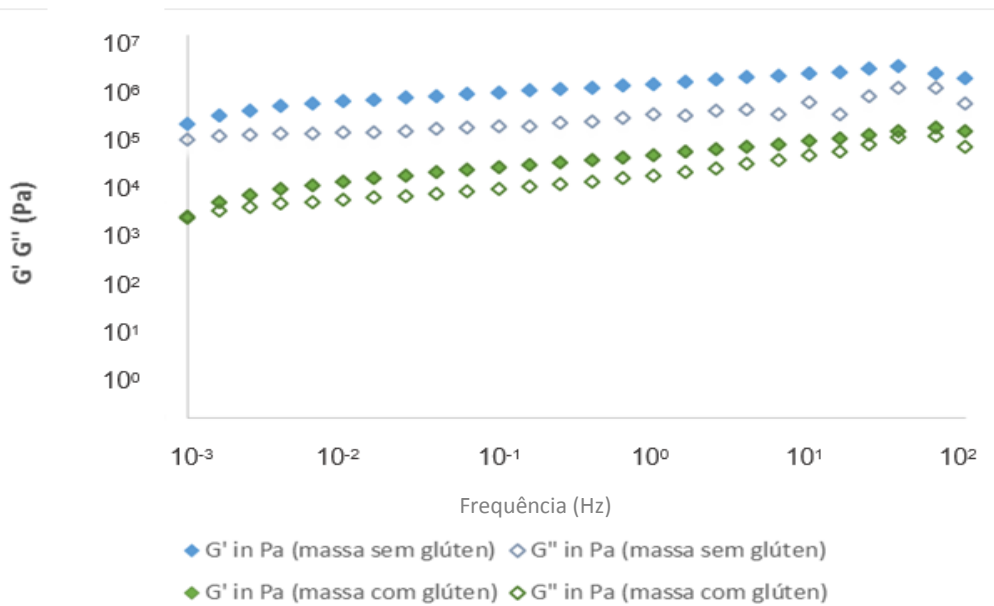


Figura 27. Espetros mecânicos da massa sem glúten (obtida a partir de farinha de arroz com 5 % de farelo) e da massa com glúten (controle [trigo]).

4.6. Avaliação sensorial das bolachas controle (trigo) e das bolachas sem glúten

Com o objetivo de verificar se a formulação proposta será bem aceita pelos consumidores, realizou-se a análise sensorial. Para tal utilizou-se uma amostra da formulação proposta com farinha e farelo de arroz de 50 % (m/m) e 5 % (m/m), respectivamente, e outra amostra do controle (trigo). Estas formulações estão descritas no capítulo 3.

As bolachas (Figura 28) foram avaliadas quanto à aceitação sensorial considerando os atributos aparência, cor, cheiro/odor, textura, sabor, apreciação global e intensão de compra, utilizando-se uma escala hedônica estruturada de 1 (muito agradável) a 6 (como desagradável), como está descrito na secção 3.2.8..

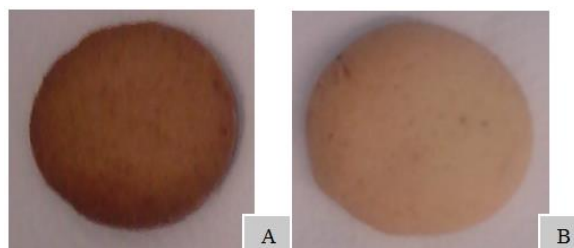


Figura 28. Bolachas desenvolvidas a partir de farinha e farelo de arroz (A). Bolachas controle (farinha de trigo) (B).

Os provadores não treinados foram selecionados ao acaso com idades compreendidas entre 20 e 60 anos, tal como demonstrado na Figura 29.

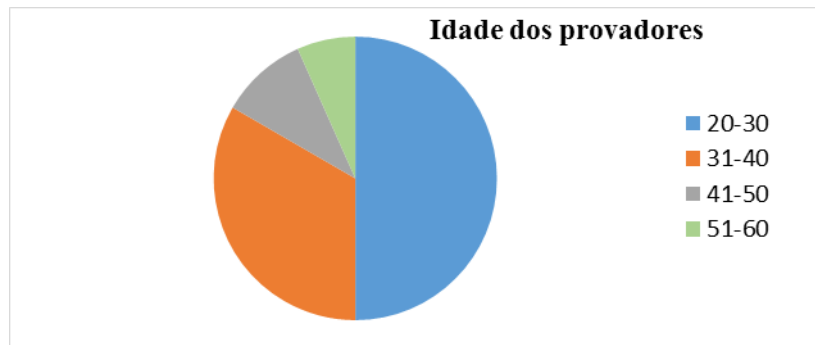


Figura 29. Distribuição das idades do painel de provadores não treinados.

De acordo com os resultados obtidos (Figura 30) verificou-se um comportamento semelhante para a aceitação sensorial dos atributos textura, sabor e apreciação global, sendo observadas diferenças nos atributos na aparência, cor e cheiro.

Ambas as amostras obtiveram médias localizadas na escala número 2 correspondente a agradável

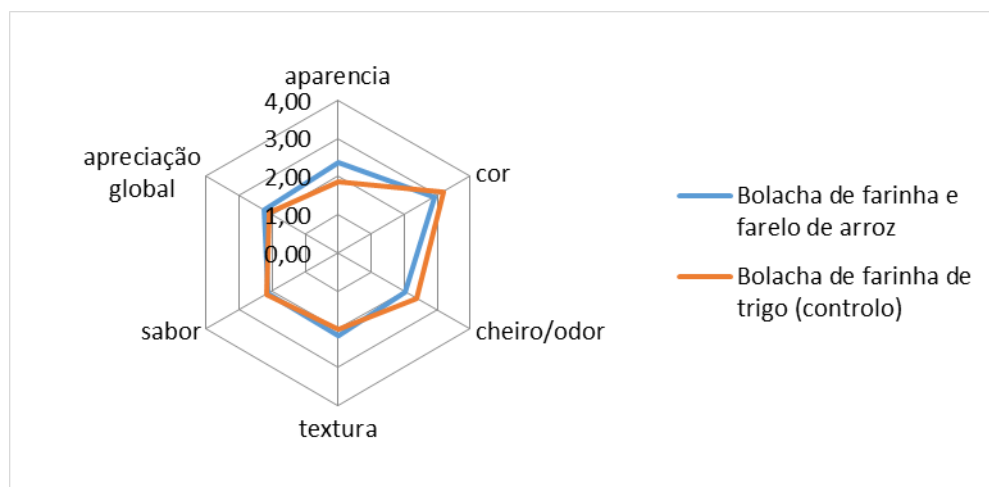


Figura 30. Respostas do teste de aceitação sensorial das bolachas.

No estudo de Lacerda *et al.* (2009) com bolachas elaborados com 12,5%, 25%, 37,5% e 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz desengordurado, obtiveram uma escala, relacionadas à aparência referentes a “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”, numa escala hedónica estruturada com 9 pontos. Estes resultados são semelhantes aos obtidos neste estudo em relação à aparência.

Ferreira *et al.* (2009) no estudo sobre a adição de farinha de sorgo em bolachas de chocolate obtiveram diferenças significativas no atributo cor, quando comparado com a amostra comercial (trigo). Estes resultados reforçam os resultados do presente estudo.

No estudo de Sudha, Vetrinani e Leelavathi (2007) com bolachas com 2%, 30 % e 40% de substituição de farinha de trigo por farelo de arroz desengordurado, não foram bem aceitos em relação ao sabor e à impressão sensorial deixada pelo alimento na boca. Ao contrário do presente estudo, em que o painel de provadores classificou como “agradável”. Este fato pode ser devido à baixa percentagem (6%) de farelo utilizado, em relação ao estudo citado, com maiores percentagens de farelo. No estudo de Soares Júnior *et al.* (2009), verificaram diferenças no atributo textura, à medida que a farinha de trigo foi substituída por farelo de arroz torrado. Foram atribuídas como causas as características tecnológicas das fibras e o efeito sobre outros componentes do alimento, assim como o tempo de cozedura que aumenta a dureza.

No estudo de Mauro, Silva e Freitas (2010) sobre bolachas confeccionados com farinha de talo de couve e de espinafre, obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo com uma apreciação global de “agradável”, numa escala hedónica para ambas as bolachas.

Sendo as bolachas um produto com elevado prazo de validade e fácil transporte, tornam-se um produto bastante consumido. Através da Figura 31, pode-se verificar que o painel de provadores apontou um consumo médio de bolachas correspondente a pelo menos 3 vezes por semana.

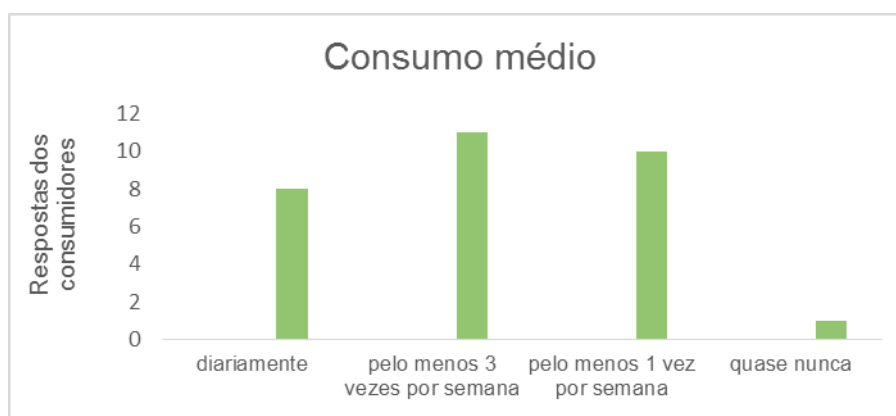


Figura 31. Respostas dos consumidores quanto ao consumo médio de bolachas.

No que diz respeito à intenção de compra (Figura 32), os consumidores apresentam uma atitude positiva. Para ambas as amostras, a maioria indicou que provavelmente compraria.

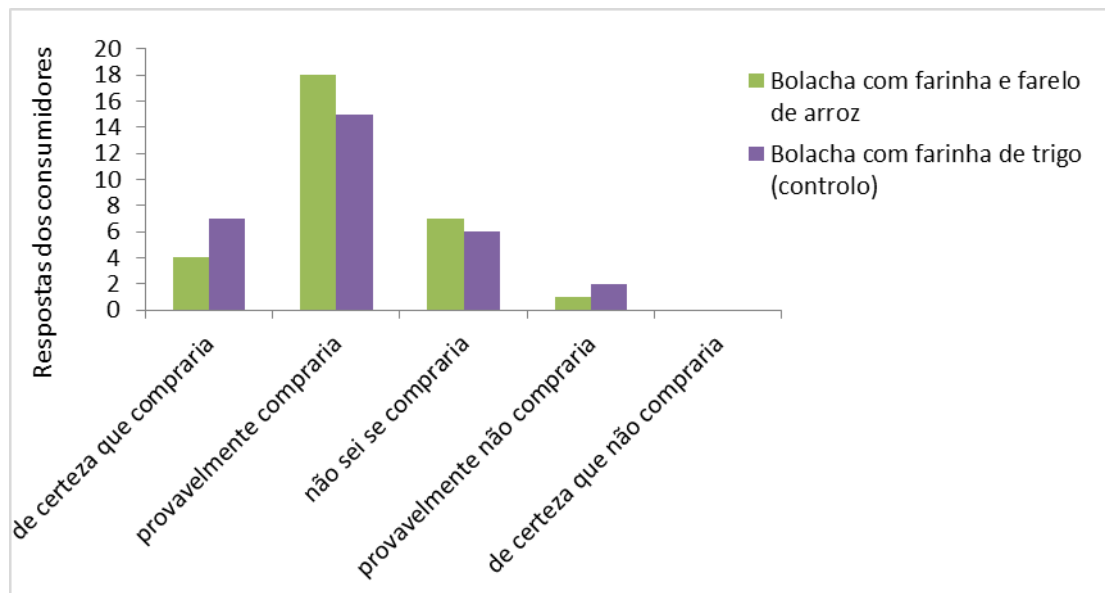


Figura 32. Respostas dos consumidores em relação à intenção de compra das bolachas com farinha e farelo de arroz e das bolachas com farinha de trigo (controle).

As bolachas são populares como componentes de uma refeição rápida, sendo, em geral, caracterizados pelo alto teor de açúcar e gordura, e pelo baixo teor de humidade, tendo, portanto, elevado tempo de prateleira (Lacerda *et al.*, 2009).

Lee e Newman (2003) relataram que os portadores da doença celíaca têm dificuldades no tratamento dietético devido à escassez de produtos isentos de glúten e os impactos negativos desta restrição alimentar na qualidade de vida.

Os resultados sugerem interesse dos consumidores pelos produtos, não tendo sido observado rejeição para nenhuma das formulações. Desta forma, percebe-se que a produção de bolacha de farinha e farelo de arroz pode ser uma alternativa viável para uma alimentação isenta de glúten, já que não foi observada diferenças em relação ao sabor, quando comparada com a bolacha tradicional de trigo.

De notar que o trabalho foi desenvolvido recorrendo a um painel de provadores não celíacos.

Segundo Ferreira *et al.* (2009) a dificuldade na alimentação dos doentes celíacos reside no fato dos produtos elaborados com farinhas substitutas do trigo não apresentam as características sensoriais e físicas agradáveis ao consumidor. No

mercado pode-se encontrar alguns produtos sem glúten, contudo estes não são produzidos em larga escala e normalmente têm um valor comercial elevado.

Portanto, se o painel de provadores utilizado fosse celíaco, este iria valorizar muito mais o produto e a sua intenção de compra seria maior.

5. Conclusões e sugestões de trabalho futuro

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que das 12 formulações estudadas no delineamento experimental a formulação E permitiu melhores resultados nas avaliações estudadas, nomeadamente, cor apelativa, firmeza desejada, a_w e fator de expansão adequado para este tipo de produtos. A massa apresentou características de extensibilidade e moldagem adequadas. Concluiu-se também que o farelo marcou um papel muito importante na estrutura da massa, pois a amostra da massa sem glúten (com farinha e farelo de arroz) apresentou um grau de estruturação maior que a massa com glúten (com farinha de trigo). A formulação proposta contém 50 % (m/m) de farinha de arroz, 5 % (m/m) de farelo de arroz, 15 % (m/m) de água, 13 % (m/m) de óleo, 15 % (m/m) de açúcar, 1 % (m/m) de fermento e 1 % (m/m) de lecitina de soja.

Através da análise sensorial concluiu-se interesse dos consumidores pelas bolachas, não se tendo observado rejeição para nenhuma das formulações.

O estudo demonstrou viabilidade na incorporação de farinha e farelo de arroz em alternativa à farinha de trigo.

Portanto, pode-se concluir que a formulação desenvolvida de bolachas isentas de glúten elaboradas a partir de subprodutos da indústria do arroz, nomeadamente farinha e farelo de arroz, tem boas perspectivas de ser comercializado, uma vez que é uma boa alternativa aos produtos existentes no mercado, além de ser nutritiva e com ótimo sabor.

As bolachas desenvolvidas neste trabalho, além de serem uma alternativa aos portadores da doença celíaca, são também uma opção para a indústria de beneficiamento de arroz, pois pode agregar valor e diversificar os seus produtos com a produção e comercialização da farinha e farelo de arroz.

Considerando os resultados apresentados e as principais conclusões deste trabalho, como propostas futuras seria interessante realizar estudos de mercado com o público-alvo (população celíaca); estudos de custos de produção e de embalagem; estudos de vida de prateleira do produto; e estudos com outros tipos de farinha de arroz para comparação com a farinha de arroz carolino, utilizada no presente estudo.

6. Referências Bibliográficas

- Alpaslan M, Hayta M. The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. J. Food Quality. 2006.
- Alves, M. A Reologia. In: Gomes, A. A química e a reologia no processamento de alimentos, Instituto Piaget, Lisboa, 2003.
- Ambrósio, V., Contini, A. A doença celíaca. In: Monteiro, J., Camelo, J. Caminhos da nutrição e terapia nutricional. Guanabara Koonga, Rio de Janeiro, 2007.
- Anzaldúa-Morales, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, 1994.
- Araújo, H., Araújo, W., Botelho, R., Zandonadi, R. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. Revista de Nutrição, Campinas, 2010.
- Araújo, W. Alquimia dos Alimentos. Senac, Brasília, 2009.
- Araújo, W., Borgo, L., Botelho, R., Montebello, N. Alquimia dos Alimentos. 2ª Edição, Brasília: SENAC- DF, 2008.
- Barbosa, L., Freitas, R., Waszczyński, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. Brasil Alimentos, n.18, 2003.
- Boger, D., Walters, K. Rheological phenomena in focus. Amsterdam, Elsevier, 1993.
- Bourne, M. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Food science and technology international series. Academic Press, London, 2002.
- Bourne, M. Food Texture and Viscosity. Academic Press, 2nd Ed., Londres, U.K., 1982.
- Bronstein, M., Fisberg, M. Trigo na dieta saudável. 1ª Edição, São Paulo, 2009.
- Botelho, F. Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Ciências Gastronômicas, Universidade Técnica de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- Chang Y., Silva M., Gutkoski L., Sebio L., Silva M. Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* M) flour and cassava starch blends. J Sci Food Agric. 1998.

- Canella-Rawls, S. Pão: arte e ciência. 3ª Edição, São Paulo: SENAC-SP, 2003.
- Carvalho J., Bassinello P. Aproveitamento industrial. In: Santos A., Stone L., Vieira N. A cultura do arroz no Brasil. 2ª Edição, Goiás, 2006.
- Carvalho, M., Girassol, C. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, Junho, 2010.
- Castillo, L., Rivals, T. Costo de una canasta básica de alimentos para celíacos en Chile. Rev. Med. Chile, v. 136, n. 5, 2008.
- Castro, F., Jacob, C., Castro, A., Yang, A. Alergia alimentar. Barueri, 2010.
- Clerici, M., Oliveira, M., Nabeshima, E. Qualidade física, química e sensorial de bolachas tipo *cookie* elaborados com substituição parcial de farinha de trigo desengordurada de gergelim. Braz. Journal of Food Technology, v.16, n.2, Campinas, 2013.
- Correia, I. Extração e pirólise do óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) visando a produção de biocombustível. Pós-graduação em Engenharia Química. Brasil, 2009.
- Costa, H. Azeites Aromatizados: Estudo da Influência do Agente Aromatizante na Composição Química e Resistência à Oxidação. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Qualidade e Segurança Alimentar. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2012.
- Costa, M., Souza, E., Stamford, T., Andrade, S. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2008.
- EL-Dash, A., Camargo, C., Diaz, N. Fundamentos da tecnologia da panificação, 1983.
- Esteller M., Lannes S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2005.
- Farahnaky, A., Askari, H., Majzoobi, M., Mesbahi Gh. The impact of concentration, temperature and pH on dynamic rheology of psyllium gels. Journal of Food Engineering, 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization. [acesso em 24 de Agosto de 2014]. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/RMM-Jul13.pdf

- Feddern, V., Durante, V., Miranda, M., Mellado, M. Avaliação física e sensorial de bolachas tipo *cookie* adicionados de farelo de trigo e arroz. Braz. J. Food Technol, Campinas, v.14, n.4, 2011.
- Ferreira, D. Estudo comparativo de bolachas Maria de diferentes marcas. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em qualidade e tecnologia alimentar. Instituto Politécnico de Viseu. Viseu, 2012.
- Ferreira, S., Luparelli, P., Schieferdecker, M., Vilela, R. Cookies sem glúten a partir de farinha de sorgo. Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, v. 59, n. 4, 2009.
- Ferry, J. Viscoelastic Properties of Polymers. John Wiley & Sons, New York, 1980.
- Francis, F. Colorimetric Properties of Foods. In: Rao, M., Rizvi S., Datta A. (Eds.). Engineering Properties of Foods. 3ª Edição, New York, 2005.
- Fuhr, F. Cookie spread. It's effect on production and quality. Baker' Digest, v. 36, 1962.
- Fuller, G. New Food Product Development, From Concept to marketplace, CRC Press, Inc. Florida, 1994.
- Gava, A. Princípios de Tecnologia de Alimentos. 1ª Edição, São Paulo: Nobel, 1984.
- Gisslen, W. Panificação e confeitaria. 5ª Edição, Barueri : Manole, 2011.
- Grandison, A. Postharvest Handling and Preparation of Foods for Processing. In: Brennan, J. G. (Eds), Food Processing Handbook. Weinheim, ST: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., 2006.
- Gutiérrez, A., Carretero, A. El Aceite de Oliva Virgen: Tesoro de Andalucía. Fundación Unicaja. Espanha, 2009.
- Houston, D. Rice: Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 1972.
- Ibarz, A., Barbosa-Cánovas, G. Operaciones Unitarias en la Ingenieria de los alimentos. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 2005.
- . In: Ramos, S. Avaliação das propriedades gelificantes da farinha de chia (*Salvia hispanica L.*). Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Ciência Gastronómicas, Universidade Técnica de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge. Tabela da Composição de Alimentos. Editorial do Ministério da Educação, Lisboa, 2007.

Internacional Olive Council. Trade Standard Applying to olive Oils and Olive-pomace Olis. COI/T.15/NC n. 3/Rev. 3, Novembro, 2008.

Intitute of food technologists. Sensory Evaluation Guide for testing food and beverage products. Food Technology, 1981.

Ju, Y. e Vali, S. Rice bran oil as a potential resource for biodiesel: A review. Journal of Scientific & Industrial Research, v. 64, 2005.

Kent, N. Tecnologia de los cereales: Introduccción para estudiantes de ciência de los alimentos y agricultura. 1ª Edição, Acribia, 1987.

Kramer, A., Szczesniak, A. Texture Measurements of Foods: Psychophysical Fundamentals; Sensory, Mechanical, Chemical Procedures and Their Interrelationships, Springer, 1973.

Lacerda, L. *et al.*. Qualidade de bolachas elaborados com farelo torrado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. Archivos Latinoamericanos de Nutición, Goiânia, v. 59, n. 2, 2009.

Lee, A., Newman, J. Celiac diet: its impact on quality of life. Journal American Dietetic Association, v. 103, n. 11, 2003.

Lopes, I. Extracção e Caracterização do Óleo de Bolota. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

Lopes da Silva, J., Rao, A. Rheological behavior of food gel systems. In: Rao, A. (Ed). Rheology of fluid and semisolid foods principles. Aspen Publishers, Inc, 1999.

Mareti, M., Grossmann, M., Benassi, M. Características físicas e sensoriais de bolachas com farinha de soja e farelo de aveia. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, n. 4, 2010.

Mauro, A., Silva, V., Freitas, M. Caracterização física, química e sensorial de *cookies* confeccionados com farinha de talo de couve e farinha de talo de espinafre ricas em fibra alimentar. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, 2010.

Meilgaard, M., Civille, G., Carr, B. Sensory Evaluation Techniques. 3ª Edição, CRC Press LLC, 1999.

Mitchell, J. Measurement of gel characteristics. Gums and Stabilisers for the Food Industry. Vol. 12, Royal Society of Chemistry, U.K., 2004.

Monho, A. Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.

Monteiro, S. Controlo da Qualidade e Criação de Novos Produtos na Empresa Fábrica do Pão. Escola Superior Agrária de Viseu, Viseu, 2007.

Moraes, F., Colla, L. Alimentos Funcionais e Nutraceuticos: Definições, Legislação e Benefícios à Saúde, Revista Eletrónica de Farmácia, Vol. 3 (2), 2006.

Morais, J. Noções básicas de reologia. In: Alberto, G. Reologia e as suas Aplicações Industriais. Instituto Piaget, Lisboa, 2001.

Moreto, E., Feet, R. Processamento e análise de bolachas. Livraria Varela, São Paulo, 1999.

Moro, J., Rosa, C., Hoelzel, S. Composição centesimal e acção antioxidante do farelo de arroz e seus benefícios à saúde. *Disciplinarum Scientia*, Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 4, n. 1, 2004.

Norma Portuguesa 4263. Análise Sensorial - Vocabulário. IPQ, Lisboa, 1994.

Nunes, M. Interações Proteína/Polissacárido em Géis Proteicos de Origem Vegetal. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Universidade Técnica de Lisboa-Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2005.

Nunes, M., Raymundo, A., Sousa, I. Meaningful viscosity values of product technical data – impact on product development. *Food Industry Updates Ingredients*, 2004.

Oreopoulou, V., Tzia, C. Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants and colorants. In: Oreopoulou, V., Tzia, C. *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer Science Business Media (eds), New York, 2007.

Pelaez, N., Mortimer, F. Estudo da estabilidade da espuma com aplicação gastronómica elaborada a partir de lecitina de soja. *Food Ingredients*, n. 17, Brasil, 2011.

Pereira, D. Estudo comparativo de bolacha Maria de diferentes marcas. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Qualidade e Tecnologia Alimentar. Escola Superior Agrária de Viseu, 2012.

Perez, P., Germani, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). Ciências e Tecnologia Alimentar, Campinas, 2007.

Piteira, M. Alimentos Funcionais: Incorporação de Fibras em Bolachas. Doutorado em Engenharia Agro-Industrial. Lisboa, ST: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, 2005.

Portugal. Ministérios da economia, da agricultura, desenvolvimento rural e pescas, da saúde e das cidades, ordenamento do território e ambiente. Portaria nº 254, 19 de Março de 2003. Normas técnicas referentes à caracterização, composição, acondicionamento, rotulagem, métodos de análises, tolerâncias analíticas e comercialização de farinhas destinadas à panificação e a outros afins. Diário da República, I Série-B, 2003.

Portugal. Ministérios da Economia, da agricultura, do desenvolvimento rural e das pescas e da saúde. Portaria nº 947, 3 de Novembro de 1998. Características das margarinas e outras emulsões gordas de gorduras e óleos vegetais e/ou animais não lácteas destinadas à alimentação humana. Diário da República, I Série-B, 1998.

Portugal. Ministérios do Comércio e Turismo. Portaria nº 762, 31 de Dezembro de 1979. Produção e comercialização de açúcar no continente. Diário da República, I Série, Nº 300, 1979.

Quaglia, G. Scienza e tecnologia della panificazione, 2ª Edição, Chirioti Editori, 1984.

Raymundo, A., Fradinho, P., Nunes, M. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. Elsevier, 2014.

Reda, S., Carneiro, P. Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações, Revista Analytica, nº 27, 2007.

Regulamento (CE) n.º 865/2004 do Conselho de 29 de Abril de 2004, relativo à organização comum de mercado no sector do azeite e da azeitona de mesa e que altera o Regulamento (CEE) n.º 827/68. Jornal Oficial da União Europeia, L206, 9 de Junho de 2004.

- Rosell, C., Marco, C. Rice. In: Gluten-free cereal products and beverages. Elsevier. Oxford, 2008.
- Russ, W., Schnappinger, M. Waste Related to the food industry: a challenge in material loops. In: Oreopoulou, V., Tzia, C. Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry. Springer Science Business Media (eds), New York, 2007.
- Sahin, S., Sumnu, S. Physical Properties of Foods. Food science text series, Springer Science Business Media (eds), Turquia, 2006.
- Sampaio, R., Marcos, S., Moraes, I., Perez, V. Moisture adsorption behavior of biscuits formulated using wheat, oatmeal and passion fruit flour. Journal of Food Processing and Preservation, 2009.
- Saunders R. The properties of rice bran as a foodstuff. Cereal Foods World. 1990.
- Schafer, W. Lecitina: princípios de utilização de lecitinas na panificação. Samrig, São Paulo, 1986.
- Schober, T., O'Brien, C., McCarthy, D., Darnedde, A., Arendt, E. Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. European Food Research and Technology, Berlim, v. 216, 2003.
- Silva, S. Estudo da Formação dos Isômeros Trans durante o Processo de Refinação do Óleo de Soja, Relatório do trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agro - Industrial, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2001.
- Simas, K. Resíduo do processamento da palmeira-real (*archontophoenix alexandrae*) orgânica: caracterização físico-química, aplicação em bolachas fibrosas sem glúten e avaliação sensorial pelo consumidor celíaco. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciência dos Alimentos. Florianópolis, 2008.
- Smith, C., Dilday, R. Rice. Origin, History, Technology and Production. Jonh Wiley Sons, Inc. Canadá, 2003.
- Soares, J., Soares M., Bassinello, P., Lacerda, D. *et al.* Características físicas e tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz torrado. Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 4, 2008.
- Soares Júnior, M. Qualidade de pães com farelo de arroz torrado. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 29, 2009.

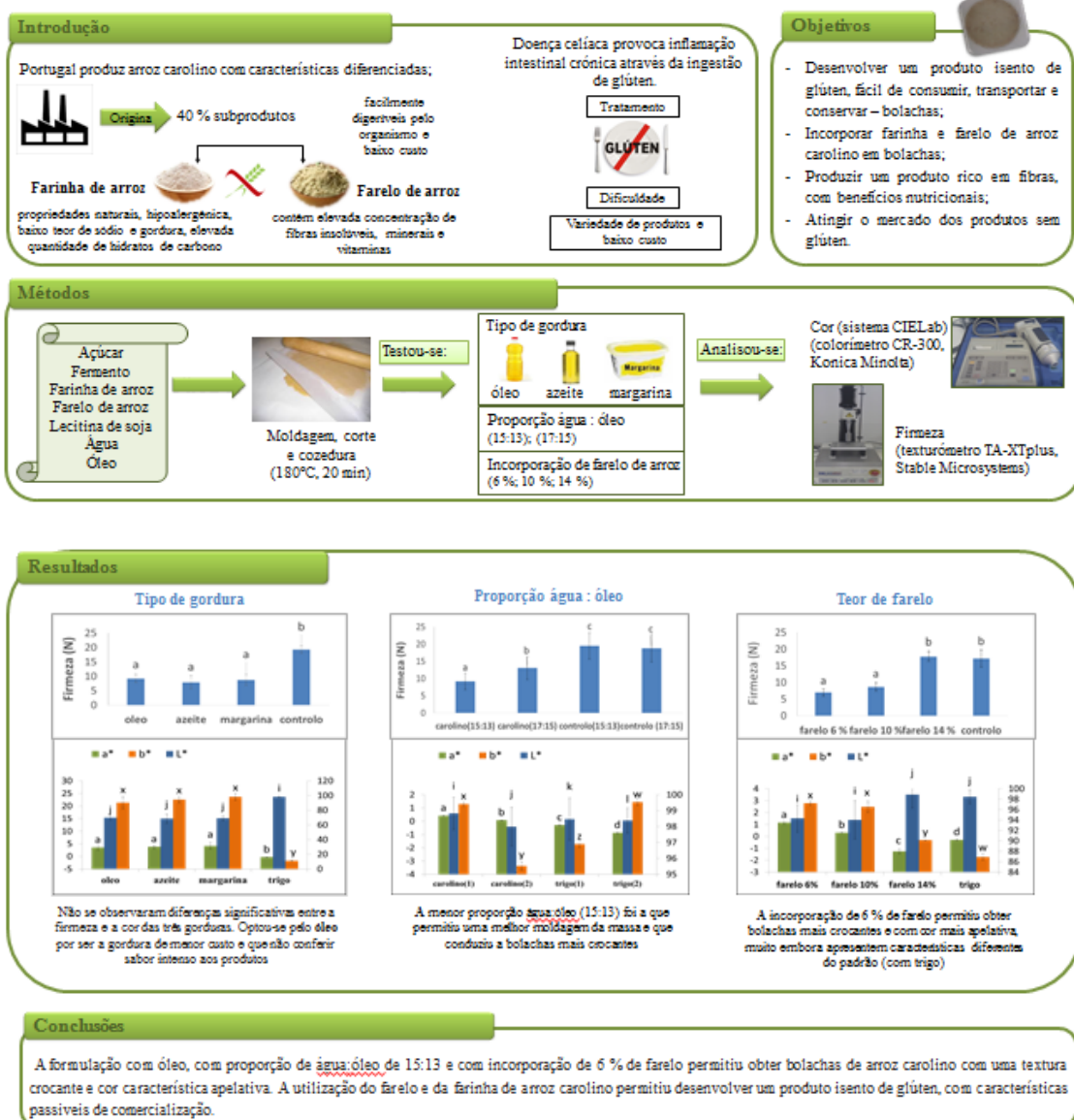
- Sousa, I. A Reologia dos Produtos Alimentares. In: Gomes de Castro, A., Covas, J. e Diogo, A. Reologia e as suas Aplicações Industriais. Instituto Piaget, Lisboa, 2001.
- Sudha, M.; Vetrmani, R.; Leelavathi, K. Influence of fiber from different cereals on the reological characteristics of wheat flour dough and on biscuits quality. Food Chemistry, v. 100, n. 4, 2007.
- Szczesniak, A., Brandt, M, Friedman, H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. Journal of Food Science, 28, 1963.
- Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Cánovas, G. Rheology for the food industry. Journal of Food Engineering, 67, 2005.
- Torbica, A. Rice and buckwheat flour characterization and its relation to cookie quality. Food Research International, 2012.
- Uchôa, A. Adição de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais na formulação de biscoitos. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, 2007.
- Vitti, P. Avaliação tecnológica dos produtos elaborados com farinha de trigo (pão, macarrão, bolacha). Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1992.
- Vollmer, G., Joss, G., Sturm, W., Vreden, N. Elementos de bromatologia descritiva. Traduzido por Marcela Gonzalez Gross, Editora Acribia, 1999.
- Wang, J., Rosell, C., Barber, C. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. Food chemistry, 2002.
- Williams, P. Handbook of Industrial Water Soluble Polymers. Blackwell Publishing, Oxford, 2007.
- Wright, T. Alergias Alimentares. Andrei, Londres, 2004.
- Zandonadi, R. Psyllium como substituto de glúten. Pós-graduação em Nutrição Humana, Brasília, 2006.
- Ziegler, F. Desenvolvimento de um produto dietético funcional para idosos. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2006.

Zucco, F., Borsuk, Y., Arntfield, S. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. LWT - Food Science and Technology, Amsterdam, v. 44, 2011.

Anexos

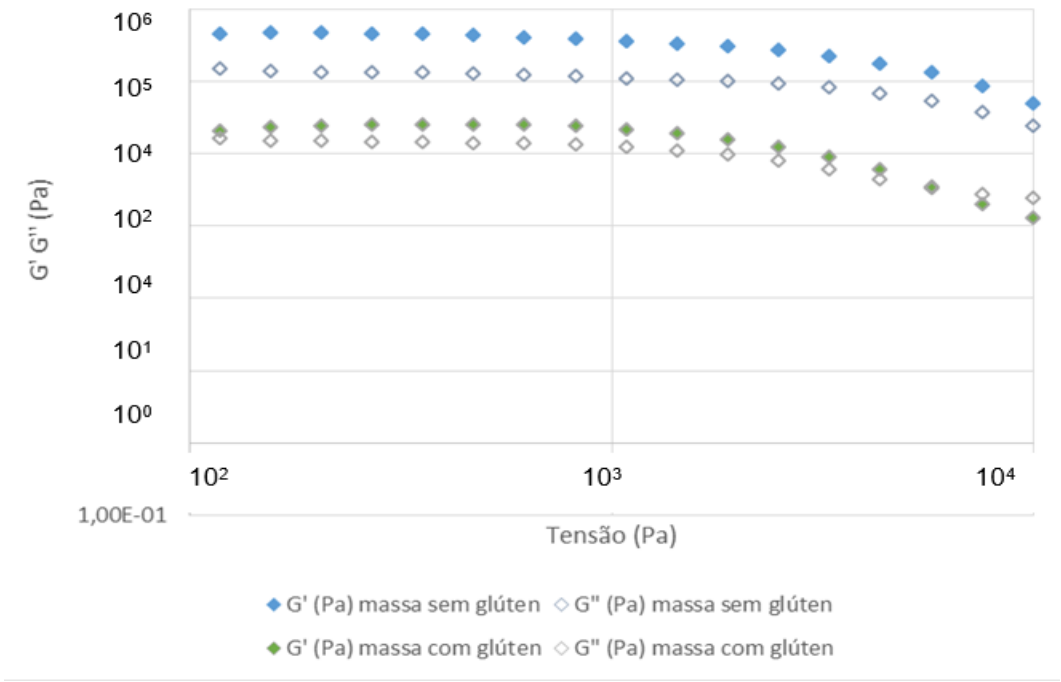
Bolachas sem glúten a partir de subprodutos da indústria do arroz

Laura Carrilho, Patricia Fradinho*, Anabela Raymundo, Isabel de Sousa
CEER-Biosystems Engineering, Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa, Portugal
*e-mail: pfradinho@isa.utlisboa.pt



Anexo II

Avaliação reológica – Teste de varrimento de tensão



Anexo III

Folha de prova desenvolvida para a aceitação sensorial das bolachas desenvolvidas.

Análise sensorial de bolachas			
Nome: _____ Idade: ____ Profissão: _____			
Assinale com um x a classificação que acha mais adequada para o atributo que está a ser avaliado.			
Código amostra: _____			
Aparência	Cor	Cheiro/Odor	Textura percebida na boca
1. Muito agradável <input type="checkbox"/>	1. Muito escura <input type="checkbox"/>	1. Muito agradável <input type="checkbox"/>	1. Muito agradável <input type="checkbox"/>
2. Agradável <input type="checkbox"/>	2. Escura <input type="checkbox"/>	2. Agradável <input type="checkbox"/>	2. Agradável <input type="checkbox"/>
3. Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/>	3. Ideal <input type="checkbox"/>	3. Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/>	3. Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/>
4. Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/>	4. Clara <input type="checkbox"/>	4. Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/>	4. Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/>
5. Desagradável <input type="checkbox"/>	5. Muito clara <input type="checkbox"/>	5. Desagradável <input type="checkbox"/>	5. Desagradável <input type="checkbox"/>
6. Muito desagradável <input type="checkbox"/>		6. Muito desagradável <input type="checkbox"/>	6. Muito desagradável <input type="checkbox"/>
Sabor	Apreciação global	Intensão de compra	Consumo médio de bolachas
1. Muito agradável <input type="checkbox"/>	1. Muito agradável <input type="checkbox"/>	1. De certeza que compraria <input type="checkbox"/>	1. Diariamente <input type="checkbox"/>
2. Agradável <input type="checkbox"/>	2. Agradável <input type="checkbox"/>	2. Provavelmente compraria <input type="checkbox"/>	2. Pelo menos 3 vezes por semana <input type="checkbox"/>
3. Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/>	3. Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/>	3. Não sei se compraria <input type="checkbox"/>	3. Pelo menos 1 vez por semana <input type="checkbox"/>
4. Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/>	4. Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/>	4. Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/>	4. Quase nunca (menos de 1 vez por mês) <input type="checkbox"/>
5. Desagradável <input type="checkbox"/>	5. Desagradável <input type="checkbox"/>	5. De certeza que não compraria <input type="checkbox"/>	
6. Muito desagradável <input type="checkbox"/>	6. Muito desagradável <input type="checkbox"/>		